
Betonimestarit Oy:n itsetiivistyvän betonin käyttö

Harri Tarasmaa

Opinnäytetyö

Ammattikorkeakoulututkinto



Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Harri Tarasmaa	
Työn nimi Betonimestarit Oy:n itsetiivistyvän betonin käyttö	
Päiväys 2.5.2011	Sivumäärä/Liitteet 49 + 81
Ohjaaja(t) Lehtori Matti Mikkonen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Betonimestarit Oy / Kehitys- ja laatupäällikkö Raija Korhonen	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän insinööri työn tavoitteena oli koota Betonimestarit Oy:n lisälmen elementti- tehtaan itsetiivistyvän betonin osaaminen yksiin kansiin. Taustana tässä työssä oli Betonimestarit Oy:n halu dokumentoida oma tietämyksensä itsetiivistyvistä betonista, ettei se häviäisi muutosten tapahtuessa. Työhön on kirjattu Betonimes- tarit Oy:n vuosien varrella kerääntynyt tieto siitä, kuinka itsetiivistyvää betonia tu- lisi tehdä. Lisäksi mukaan on koottu työteknisesti olennaisia asioita, jotka vaikut- tavat itsetiivistyvän betonin ominaisuuksiin. Työssä on myös haettu kirjallisuuden kautta sitä, miksi kyseiset asiat Betonimestarit Oy:llä toimivat.</p> <p>Työssä tutkittiin Betonimestarit Oy:n arkistoja sekä haastateltiin Betonimestarit Oy:n työntekijöitä sekä seurattiin eri työvaiheita Betonimestarit Oy:n lisälmen teh- taalla. Lisäksi tietoa haettiin eri kirjallisuuslähteistä. Työtä tehtäessä ei ole syven- nyt mihinkään yksittäiseen kohteeseen tai seikkaan, joka itsetiivistyvään beto- niin liittyy vaan pyritty tarkastelemaan itsetiivistyvää betonia kokonaisuutena Be- tonimestarit Oy:n lisälmen tehtaan näkökulmasta.</p> <p>Työssä on esitetty, millä lisäaineilla ja sementeillä teko on onnistunut, eri suhteu- tukset, joilla vaaditut ominaisuudet itsetiivistyvälle betonille on saavutettu ja mitä nämä eri reseptit maksavat kuutiotaltaan. Työhön on liitteenä myös taulukoitu Betonimestarit Oy:n 2010 vuoden syksyn itsetiivistyvät betonimassat. Tämä työ on jaettu kahteen erilliseen osioon, joista ensimmäinen osa käsittelee itsetiivisty- vää betonia yleisesti kehityksen ja ominaisuuksien kautta. Ensimmäinen osa siis pohjustaa teoriana toista osiota. Toinen osa puolestaan käsittelee varsinaista osaamista ja historiaa, joka Betonimestarit Oy:llä itsetiivistyvistä betonista on. Toinen osa on tehty luottamukselliseksi.</p>	
Avainsanat Itsetiivistyvä betoni,	
Julkinen, yrityskohtaisten tietojen osalta luottamuksellinen	

Abstract

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Construction Engineering			
Author(s) Harri Tarasmaa			
Title of Thesis The use of self-compacting concrete			
Date	2 May 2011	Pages/Appendices	49 + 81
Supervisor(s) Mr Matti Mikkonen, Lecturer			
Project/Partners Betonimestarit Oy			
Abstract <p>The purpose of this final year project was to collect all knowledge on how to produce self-compacting concrete in one place. The project was commissioned by Betonimestarit Oy (Betonimestarit Oy is a Finnish element factory, which have production in Finland and Sweden) in Iisalmi. The main idea of this work was to document the company's present knowledge in self-compacting concrete that should not be forgotten, when making changes. The aim was also to find a connection between the theory and the methods of the company and that way show if there are any similarities between them and why the methods used by the company are working. This thesis has divided in two different parts: One including the theory of self-compacting concrete's and the other, including Betonimestarit Oy's knowledge concerning self-compacting concrete.</p> <p>The project did not concentrate on particular products or techniques concerning self-compacting concrete, but was focused on self-compacting concrete on the whole. The information in this thesis has been collected in the company's archive and by interviewing the employees of the company. Knowledge has also been received by the observing the factory's operations.</p> <p>As a result of this thesis was a paper containing the company's customs and methods to manufacture self-compacting concrete as well as the cement and adhesives, which the company has succeeded to manufacture self-compacting concrete. The self-compacting concrete recipes were tabulated in the thesis and the cubic price of these recipes have insert in the annexs. All in all the company have succeeded in finding working methods to make self-compacting concrete.</p>			
Keywords Self-compacting concrete			
Public, results of research are confidential			

Alkusanat

Tämä insinööri työ sai alkusysäyksensä kesällä 2010, jolloin työskentelin Savonrakennetekniikka Oy:n (SRT Oy) palveluksessa Kuopiossa. Kyselin tällöin alustavasti insinööriopinnäytetyöaiheita SRT Oy:n kautta. Myöhemmin syksyllä ilmeni, että Betonimestarit Oy:llä olisi insinööriön aiheita tarjolla. Eräs näistä liittyi itsetiivistyvään betoniin. Olin aiemmin kouluajanani tehnyt esitelmän itsetiivistyvistä betonista ja nyt pääsin syventymään aiheeseen. Vaikka itsetiivistävä betoni onkin melko uusi tuote rakennusalalla, on Betonimestarit Oy:lle jo kertynyt paljon osaamista ja onnistumisia siinä. Betonimestarit Oy halusi dokumentoida tämän vallalla olevan hyvän nykyisen osaamisen, ettei se häviäisi ja unohtuisi mahdollisten materiaali muutosten ilmetessä.

Haluan kiittää kehitys- ja laatu päällikköä Raija Korhosta, joka auttoi minua koko opinnäytetyöni ajan sekä varatoimitusjohtaja Mika Saarelaista, jolta työn alun perin sain. Myös myllärit Raimo Korhonen ja Uolevi Pennanen sekä tehdaspäällikkö Pertti Järveläinen ansaitsevat kiitokseni. Lisäksi haluan kiittää myös kaikkia muita Betonimestarit Oy:n puolella toimineita ihmisiä, jotka ovat minua työni teossa auttaneet. Haluan myös kiittää opinnäytetyön ohjaajaani lehtori Matti Mikkosta, joka toimi koulun puoleisena apunani.

Erytiskiitokset haluan osoittaa läheisilleni ja ystäväilleni jotka ovat jaksaneet tukea ja kannustaa minua opintojeni ajan.

Kuopiossa 2.5.2011

Harri Tarasmaa

SISÄLLYS

ALKUSANAT

1	JOHDANTO.....	7
1.1	Tausta ja tavoitteet	7
1.2	Betonimestarit Oy	8
2	ITSETIIVISTYVÄ BETONI.....	9
3	ITSETIIVISTYVÄN BETONIN OMINAISUUDET	11
3.1	Itsetiivistyvän betonin yleiset ominaisuudet.....	11
3.2	Tuoreen massan ominaisuudet.....	12
3.3	Kovettuneen betonin ominaisuudet.....	14
4	ITSETIIVISTYVÄN BETONIN TESTAUSMENETELMÄT.....	19
4.1	Leviämä/painuma testi.....	19
4.2	T50-aika	19
4.3	V-suppilokoe.....	20
4.4	L-laatikkokoe	20
4.5	Erottumiskestävyyden seulatesti.....	20
4.6	J-rengastesti.....	21
5	ITSETIIVISTYVÄN BETONIN SUHTEITUS.....	22
5.1	Bestil Perssonin suhteitusmenetelmä	22
5.2	Eurooppalainen ohje itsetiivistyvistä betonista -raportin suhteitusmenetelmät....	23
5.3	Okamuran suhteitusmenetelmät	24
5.4	Su, N. HSU, K.C ja Chai, H.W:n suhteitusmenetelmät.....	24
5.2	Muita suhteitusmenetelmiä	25
6	YHTEENVETO.....	26
	LÄHTEET.....	28

1 JOHDANTO

1.1 Tausta ja tavoitteet

Työn tavoitteena on koota Betonimestarit Oy:n Iisalmen tehtaan osaaminen itsetiivistävistä betonista yksiin kansiin. Betonimestarit Oy:n omasta mielestä heillä on tämän työn tekohetkellä, eli vuodelle 2011 tultaessa, todella hyvä tilanne itsetiivistyvän betonin valmistuksessa. Työssä keskityttiin ensisijaisesti kokoamaan ja taulukoimaan tietoa eri Betonimestarit Oy:n lähteistä ja tätä kautta pyrkiä syventymään itsetiivistävään betoniin teorian ja aihetta käsittelevän kirjallisuuden avulla. Työssä haluttiin tietojen kokoamisen lisäksi selvittää, löytyykö kirjallisuudesta yhteneväisyyksiä Betonimestarit Oy:n itsetiivistyvän betonin kanssa ja teoriaa siitä, miksi Betonimestarit Oy:n käyttämät tekotavat ovat onnistuneet. Betonimestarit Oy:ssä Iisalmen tehtaalla itsetiivistävistä betonista valmistetaan runkoelementtejä eli pilareita, palkkeja ja TT-laattoja. Tehdas on aloittanut itsetiivistyvän betonin käytön vuonna 2004 ja on siitä lähtien pyrkinyt kehittämään sen käyttöä. Jopa yli puolet Iisalmen tehtaan määristä betoneista valmistetaan tämän opinnäytetyön tekohetkellä itsetiivistävällä betonilla.

Työtä tehtäessä on paneuduttu niin kirjallisiin lähteisiin, Betonimestarit Oy:n arkistoihin kuin keskusteluihin Betonimestarit Oy:n eri henkilöiden kanssa. Näistä osatekijöistä on pyritty kokoamaan mahdollisimman kattava kokonaisuus Betonimestarit Oy:n käyttöön itsetiivistävistä betonista liittyen heidän omiin kokemuksiinsa siitä.

Tässä työssä ei ole perehdytty asioihin minkään yksittäisen rakennuskohteen perusteella tai jonkun tietyn elementtityypin näkökulmasta, kuten TT-laatat, palkit, pilarit, vaan itsetiivistävää betonia on pyritty tarkastelemaan kokonaisuutena aina suhteutuksesta valmiiseen elementtiin asti.

Tähän työhön on tehty myös toinen osio, joka sisältää tarkemmat tiedot ja kokemukset itsetiivistävistä betonista ja joita Betonimestarit Oy ei halua julkisiksi. Toinen osio on tehty liitteeksi tähän työhön ja on luottamuksellinen.

1.2 Betonimestarit Oy

Betonimestarit Oy on Suomessa toimiva yhtiö, joka aloitti toimintansa 1988 vain kymmenen hengen voimin. Siitä lähtien Betonimestarit Oy on kasvanut ja kehittynyt ja oli jo vuonna 1998 Suomen kolmanneksi suurin elementtitoimittaja. Tästä kertoo vuonna 2006 tehty yksi Suomen suurimmista betonielementtikaupoista, kun LKAB rakennutti pellettitehtaan ja rikastamon Kiirunaan, Ruotsiin, rakentajina NCC Construction Sverige AB ja Peab AB. Kaupan arvo oli n. 30 miljoonaa euroa ja tuotteita toimitettiin 70.000 tonnien edestä. Vuonna 2009 Betonimestarit työllisti n.150 henkilöä ympäri puolen Suomea ja n. 100 henkilöä Ruotsissa. Betonimestareiden liikevaihto vuonna 2009 oli hieman yli 60 miljoonaa euroa. Vuoteen 2011 tultaessa BM-ryhmä omistaa tuotantolaitokset Iisalmessa, Nastolassa, Haapavedellä ja Oulaisissa. Myynti tapahtuu Iisalmesta, Vantaalta ja Kuopiosta. Lisäksi BM-ryhmään kuuluvat Ruotsissa toimivat BM Sverige Ab ja Hallsberg Betongmästarna Ab. /1/

Betonimestarit Oy:n investointien yhteenlaskettu määrä tänä päivänä on n. 53 miljoonaa euroa ja hallipinta-ala yhteensä 45 000 m². Betonimestarit Oy:n tuotteisiin kuuluu: Pilarit ja palkit, ontelo-, HTT- ja TT-laatat, seinä ja porraselementit, asennukset, maatalousrakentaminen sekä sijoitus- ja kiinteistötoiminnot. Uusimpana hankkeena Betonimestarit Oy:llä on betonielementtitehtaan rakentaminen Intiaan Puneen /2, s.15/. Lisätietoa yrityksestä löytyy osoitteesta www.betonimestarit.fi



Kuva 1. Betonimestareiden logo

2 ITSETIIVISTYVÄ BETONI

Itsetiivistyvän betonin valmistus tuli mahdolliseksi ns. kolmannen sukupolven notkistimien avulla, 1900-luvun lopulla. Sen jälkeen itsetiivistyvistä betonista onkin tullut nopeasti kasvava rakennusmateriaali ja kehityskohde joka puolella maailmaa.

Suomen Betonitiedon julkaisema kirja *ITB – Itsetiivistyvä betoni (2004)* määrittelee itsetiivistyvän betonin seuraavasti: Itsetiivistyvä betoni (ITB) Self-compacting/consolidating concrete, SCC. Erittäin hyvin valuva ja leviävä, mutta kuitenkin stabiili betoni, joka täyttää muotin ja ympäröi täysin raudotteet ilman mekaanista täryttämistä siten, että sen osa-aineet eivät merkittävästi erotu toisistaan. Itsetiivistyvän betonimassan tulee täyttää valuvuudelle, läpäisykyvylle ja erottumattomuudelle asetetut vaatimukset. /3, s.12/

Itsetiivistyvä betoni on rakentamisen näkökulmasta melko uusi innovaatio. Se on lähtöisin Japanista, jossa sen kehittivät Okamura ja Ozava vuonna 1988 /3, s.16/. Tosin vähän tärytystä tai tiivistämistä vaativaa betonia on käytetty Euroopassa jo 1970-luvun alusta alkaen. EU rahoittikin monikansallisen, teollisuuden vetämän itsetiivistyvää betonia koskevan projektin vuosina 1997 - 2000 /4, s. 1/. Pisimmällä itsetiivistyvän betonin soveltamisessa ovat Japanin lisäksi muun muassa Ruotsi ja Hollanti /5/. Euroopan tasolla itsetiivistyvistä betonista on myös laadittu *Eurooppalainen ohje itsetiivistyvistä betonista* -niminen raportti vuonna 2004. Tässä ohjeessa keskitytään niihin asioihin, joista ei ollut vielä silloin eurooppalaisia määrittelyjä, standardeja eikä hyväksytyjä koemenetelmiä /2/.

Suomessa Itsetiivistyvää betonia on kehitetty vuonna 2001 - 2004 tehdyssä projektissa, jonka loppuraporttina on syntynyt *Itsetiivistyvän betonin (ITB) valmistus, ominaisuudet ja käyttö* -julkaisu. Julkaisu perustuu suomalaisiin tutkimustuloksiin sekä käytännön sovellutusten kautta hankittuun tietoon /3/. Suomessa on myös tehty vuonna 2003 tutkimusraportti *Opas itsetiivistyvän paikallavalubetonin valmistukseen ja käyttöön*, joka käsittelee enimmäkseen itsetiivistyvää betonia paikallavalun kannalta.

Suomessa on tehty lisäksi sekä diplomi- että ammattikorkeakoulu insinööritöitä liittyen itsetiivistyvään betoniin. Aihetta on siis pyritty tutkimaan ja kehittämään koko ajan aktiivisesti. Tämä osaltaan kertoo itsetiivistyvän betonin tulosta yhä suosittumaksi rakennusmateriaaliksi sekä maailmalla että Suomessa. Lisänä mainittakoon, että mikäli etsii googlen hakukoneella haulla *self compacting concrete* hakutuloksia löytyy

yli 560 000. Tämä osoittaa, että englanninkielistä materiaalia itsetiivistävästä betonista löytyy valtava määrä.

3 ITSETIIVISTYVÄN BETONIN OMINAISUUDET

3.1 Itsetiivistyvän betonin yleiset ominaisuudet

Itsetiivistyvällä betonilla on monia ominaisuuksia sekä massana että kovettuneena betonina. Verrattaessa näitä ominaisuuksia perinteisen vibrattavan betonin ja itsetiivistyvän betonin välillä voidaan todeta, etteivät nämä ominaisuudet juurikaan poikkeaa toisistaan /4, s. 5/. Itsetiivistyvä betoni voidaan suhteuttaa monilla eri tavoin riippuen halutuista ominaisuuksista. Tästä johtuen itsetiivistyvä betoni ei ole yksi betonityyppi vaan massat voivat olla koostumukseltaan hyvinkin erilaisia, jolloin myös niiden ominaisuudet poikkeavat toisistaan. Itsetiivistyvä betoni voidaan suhteuttaa ja valmistaa täyttämään kaikki normien mukaiset vaatimukset tiivyyden, lujuuden ja säilyvyyden suhteen /6, s. 5/. Itsetiivistyvä betoni voidaan tehdä lujuudensa kannalta mihin tahansa lujuusluokkaan. Yleensä kuitenkin itsetiivistyvän betonin valmistuksessa käytetään suuria määriä sekä hienojakoista kiviainesta että sementtiä, jonka seurauksena massan lujuus muodostuu melko suureksi, yleensä yli K60-lujuudeksi. Tästä johtuen useat itsetiivistyvän betonin ominaisuudet vastaavat korkealujuusbetonin ominaisuuksia.

Jotta itsetiivistyvän betonin ominaisuuksista tulisi hyvät, on tärkeää, että massa on juoksevaa sekä massan sisäiset sidokset ja viskositeetti on huomioitu. Betonimassan tulisi olla sekä leviävää että hyvin koossapysyvää sekä sementtipastaa tulisi olla enemmän kuin on tilaa kiviainepartikkeleiden välissä. Toisin sanoen runkoaineen välillä ei saisi olla kitkaa vaan niiden tulisi päästä liikkumaan vapaasti toisiinsa nähdessä /7, s.21/.

Vuonna 2009 ilmestyneen *BY50 Betoninormit 2004* painoksessa annetaan itsetiivistyvälle betonille lisäohjeet. Näihin lisäohjeisiin on koottu vaatimukset, jotka itsetiivistyvän betonin osalta poikkeavat perinteisestä betonista /8, s. 235/. Nämä luokitukset perustuvat standardiin SFS-EN 206-9, joka on vahvistettu 21.6.2010 sekä itsetiivistyvän betonin testausstandardeihin, jotka on vahvistettu 11.10.2010.

3.2 Tuoreen massan ominaisuudet

Itsetiivistyvällä betonilla on kolme perusominaisuutta massana ollessaan. Nämä ominaisuudet ovat valuvuus/notkeus, läpäisykyky ja erottumattomuus. Kaikkien näiden

tulee toteutua, sillä yksittäinen ominaisuus näistä kolmesta ei vielä takaa, että muut ominaisuudet olisivat vaaditun kaltaisia. On olemassa useita testausmenetelmiä, joilla näitä ominaisuuksia voidaan tutkia. Massana ollessaan itsetiivistyvällä betonilla on myös sellaiset ominaisuudet kuin huokostus ja sitouttaminen/kovettuminen sekä viskositeetti. Huomionarvoinen asia on myös se, että itsetiivistyvän betonimassan muokkautuvuusominaisuudet ylittävät normien notkeusluokittelun, joten niitä ei voi käyttää /3, s. 29/.

Tuoreen massan ominaisuuksia kuvaavat:

- notkeus ja valuvuus
- läpäisykyky
- erottuminen
- viskositeetti
- huokostus sekä
- sitouttaminen ja kovettuminen.

Notkeus ja valuvuus

Tehonotkistimen annostus ja fillerin määrä ovat tärkeimmät notkeuteen ja valuvuuteen vaikuttavat tekijät /6, s. 5/. Liiallisena määränä tehonotkistin aiheuttaa erottumista. Myös massan käsittely, kuten sen siirtäminen vaikuttaa kyseisiin ominaisuuksiin.

Läpäisykyky

Läpäisykyky kuvaa betonimassan kykyä virrata ahtaiden tilojen ja kapeiden aukkojen läpi, esim. tiheän raudoituksen alueella ilman, että se erottuu, menettää tasalaatuisuutensa tai kiilautuu /4, s. 13/. Pääsääntöisesti kannattaa pyrkiä mahdollisimman pieneen massan valuvuuteen ja läpäisykykyyn, jos estettä tähän ei ole. Tällainen este saattaa olla esimerkiksi pintalaadulle asetettava tiukka vaatimus, josta ei yleensä haluta tinkiä /3, s. 29/.

Erottuminen

Itsetiivistyvällä massalla voi ilmetä erottumista, tällöin betonissa oleva vesi tulee selvästi pintaan tai reuna-alueille tai kiviaines alkaa erottumaan selvästi massasta. Tämä voidaan todeta helpoiten painuma/leviämä kokeen yhteydessä. Käytännön on-

gelmana erottuminen voi ilmetä esimerkiksi tiheän raudoituksen yhteydessä, jolloin kiviaines niin sanotusti holvautuu raudoitukseen eikä massa pääse valumaan tasaisesti kaikkialle. Itsetiivistyvälle betonille ominaisen nestemäisyyden vuoksi erottumista tulee tarkkailla erityisesti. Erottumista voidaan vähentää käyttämällä pienempää maksimiraekokoa, pienempää vesi/sementti-suhdetta tai erilaisilla stabilaattoreilla. /6/

Huokostus

Itsetiivistyvä betoni voidaan huokostaa aivan kuten perinteinen betonikin. Huokostaminen parantaa betonin pakkasenkestävyyttä. Itsetiivistyvän betonin koostumuksesta ja itsetiivistyvyydestä johtuen huokostamisessa tulee varmistaa sekä riittävä ilmämäärä että ilman pysyvyys massassa. Käytännössä on todettu, että lisäaineiden yhteensopivuus on tärkeää. Erilaisilla ennakkokokeilla voidaan huokostuksen pysyvyyttä arvioida huokoskokojakaumasta. /6/

Viskositeetti

Itsetiivistyvällä betonimassalla, jolla on alhainen viskositeetti, on hyvin nopea alkuvallama, joka sitten pysähtyy. Massalla, jolla on korkea viskositeetti, voi valua hyvinkin pitkän ajan. Viskositeettiä voidaankin arvioida leviämä/painumakokeen yhteydessä tai vaihtoehtoisesti V-suppilokokeella /4, s. 13/

Sitoutuminen ja kovettuminen

Sitoutumisen ja kovettumisen kannalta tärkeää on se, että valettavuusajan tulee olla riittävä kuljetukseen ja betonoinnin keston verrattuna. Tämä tulee ongelmaksi lähinnä siirrettäessä massaa paikallavalua varten, eikä niinkään tehdaskäytössä, jossa valu tapahtuu nopeasti massan valmistuksen jälkeen. Valettavuusaikaan voidaan vaikuttaa erilaisilla lisäaineilla, sideaineen tyypillä ja lämpötilalla. Varsinkin alhainen lämpötila voi hidastaa itsetiivistyvän betonin sitoutumista. Itsetiivistyvän betonin sitoutumisaika onkin yleensä pidempi kuin normaalin betonin /6/. Kuitenkin sopivilla sideaineilla, itsetiivistyvällä betonillakin saadaan tarpeeksi nopea muottikierto tehdas käyttöön.

3.3 Kovettuneen betonin ominaisuudet

Kovettuneella betonilla ominaisuuksia on jo huomattavasti enemmän. Tärkeimpinä näistä tehdastuotannon kannalta ovat puristus- ja vetolujuus, pintojen laatu sekä säilyvyys.

Kovettuneen betonin ominaisuuksia kuvaavat:

- puristuslujuus
- vetolujuus
- kimmokerroin
- kutistuma
- viruma
- tartunta raudoitukseen
- tartunta betoniin
- pinnoitteiden ja pintavalun tartunta it-betoniin
- pakkasenkestävyys
- vesitiiviys
- palonkesto
- valusaumojen leikkauskapasiteetti ja
- pintojen laatu
- säilyvyys
- lämpölaajenemiskerroin.

Puristuslujuus

Itsetiivistyvällä betonilla, jolla on sama vesi-sementtisuhte tai sementti-sideainesuhde kuin perinteisellä tärytetyllä betonilla, on tavallisesti hiukan suurempi lujuus. Tämä johtuu siitä, että kun tärytystä ei suoriteta, kiviaineksen ja kovettuneen pastaosuuden välinen rajapinta paranee /3, s.15/. Lujuudenkehitys itsetiivistyvällä betonilla on yleensä hieman hitaampaa aluksi kuin perinteisellä betonilla. Saavuttaessaan 28 päivän iän, itsetiivistyvä betoni on viimeistään yhtä vertailukelpoista, puristuskokeita varten kuin perinteinen betonikin, jopa parempi. Niin perinteisellä kuin itsetiivistyvällä betonillakin, lujuus muodostuu siten, että rakenteen yläosan lujuus on keskimääräistä pienempi ja lujuus kasvaa, mitä alaspäin rakennetta mennään /6/.

Vetolujuus

Itsetiivistyvän- ja perinteisen betonin yksi suurimmista eroista massana on itsetiivistyvän betonin suurempi pastaosuus. Annetun lujuusluokan ja kypsyyssasteen betonin vetolujuuden voidaan turvallisesti olettaa olevan sama kuin perinteisen betonin, koska pastan tilavuus ei vaikuta merkittävästi vetolujuuteen /4, s.6/.

Kimmokerroin

Betonin suuresta kiviainesmäärästä johtuen kimmokertoimeen vaikuttaa eniten kiviaineksen tyyppi, määrä ja E-arvo, E-arvo kuvaa jännityksen ja venymän suhdetta /4, s.6/. Kimmokerroin kasvaa yleisesti, mitä lujempaa betoni on ja on tavallisesti verrannollinen puristuslujuuden neliöjuureen, tätä yhteyttä käytetään yleisesti normeissa. Tutkimuksissa on todettu, että itsetiivistyvän betonin kimmokertoimen ja lujuuden suhde on lähellä tavallisen betonin vastaavaa suhdetta. Suositusarvo kimmokertoimen ja puristuslujuuden neliöjuuren suhteelle on 4,73 /6/.

Kutistuma

Betonissa ilmenee kahdenlaista kutistumaa. Puhutaan sekä varhaisvaiheen kutistumasta, että plastisesta kutistumasta. Varhaisvaiheen kutistuma ilmenee ensimmäisen 24 tunnin aikana ja plastinen kutistuma ennen betonin sitoutumista. Itsetiivistyvässä betonissa riski näihin kahteen kutistumaan on normaalia suurempi. Tämän takia jälkihoidon nopeaan aloittamiseen tuleekin kiinnittää huomiota /6, s.10/.

Viruma

Viruma määritellään muodonmuutoksen asteittaisena lisääntymisenä ajan suhteen, kun kohdistettu jännite pysyy vakiona. Viruma tapahtuu sementtipastassa, ja siihen vaikuttaa pastan huokoisuus, joka riippuu suoraan betonin vesisementtisuhteesta. Sementtityypeillä on suurin vaikutus viruman suuruuteen /4, s.6/. Itsetiivistyvän betonin viruma on tavallisesti saman suuruinen kuin perinteisellä betonillakin, kun molempien vesisementtisuhte on sama. Yleisenä käytäntönä pidetään, että itsetiivistyvään betoniin käytetään samoja viruman ohjearvoja kuin perinteisellä betonillakin /6, s.12/.

Tartunta raudoitukseen

Kokeissa on todettu itsetiivistyvän betonin tartunnan raudoitukseen yleensä olevan samaa suuruusluokkaa tai jopa parempi, kuin perinteisellä tiivistettävällä betonilla. Perinteisessä betonissa tämä tartunta on yleensä huonompi, mitä ylemmäs rakennetta mennään. Itsetiivistyvässä betonissa tätä ominaisuutta ei ole /6, s.12/. Vaikka tartuntaominaisuudet yleensä paranevatkin itsetiivistyvää betonia käytettäessä, annetuille puristuslujuudelle tulisi käyttää Eurokoodissa käytettäviä yhtälöitä /4, s.7/.

Tartunta betoniin

Itsetiivistyvä betoni sopii ominaisuuksiltaan hyvin korjaustöihin. Tällöin tartunta vanhaan betoniin on tärkeä tekijä. Tutkimuksissa on todettu, että tartunta itsetiivistyvällä betonilla jo kovettuneeseen betoniin on varsin hyvä, vaikka tiivistys puuttuukin. Nyrk-

kisääntö on, mitä suurempi massan notkeus sitä parempi tartunta. Jopa pieni vedenerottuminen on hyväksyttävää päällevalun tartunnan kannalta /6, s. 13/.

Pinnoitteiden ja pintavalun tarttuminen itsetiivistyvään betoniin

Pinnoitteiden ja pintavalun tarttumista itsetiivistyvään betoniin ei ole juurikaan tutkittu, eikä pitkäaikaistuloksia täten ole raportoitu. Muutamia kokeita tartuntaan liittyen on tehty ja kirjattu. Suoritetuissa klinkkeri- ja tiililaattojen tartuntakokeissa alkutartunta-arvot ovat olleet varsin hyviä. /6, s.13/

Pakkasenkestävyys

Pakkasenkestävyyden on todettu itsetiivistyvällä betonilla olevan yhtä hyvä perinteiseen betoniin verrattuna, jopa aavistuksen parempi. Syynä tähän on massan tiiviyys ja korkea lujuus, jotka estävät suolan ja veden tunkeumisen betoniin. Vaikuttavimmat tekijät ovat ilmamäärä (suojahuokosrakenne) ja vesisementtisuhte (lujuus). Itsetiivistyvän betonin huokostamisessa voi aiheutua ongelmia siksi, että huokosten kokoja kautumasta on tullut epäedullinen. Keskeisessä asemassa tässä on lisäaineiden yhteensopivuus /6, s.13/.

Vesitiiviyys

Vesitiiviyys riippuu betonin mikrorakenteesta ja mahdollisesta halkeilusta. Itsetiivistyvää betonia pidetään vesitiiviinä suhteutuksensa perusteella. Kokeellisesti on päästy tuloksiin, jossa itsetiivistyvän betonin vesitiiviyys on alle 0,4, vesitiiviyysvaatimuksen ollessa alle yhden /6, s.13/.

Palonkesto

Palotilantateessa betoniin syntyy jännityksiä joiden seurauksena betoni halkeilee ja lohkeilee. Betonin palonkestoan vaikuttavatkin tiiviyys ja kosteuspitoisuus, jotka ehkäisevät näiden jännitteiden syntymistä betoniin sisällä. Yleinen suuntaus kokeiden perusteella viittaa siihen, että itsetiivistyvän betonin palonkesto on huonompi kuin perinteisen betonin, lujuuden kasvaessa. Suositus on, että itsetiivistyvän betonin palonkestoan tulisi suhtautua samoin kuin korkealujuusbetonin palonkestoan jo keskisuurissa lujuusluokissa. Polypropyleenikuitujen käytön betonissa on todettu parantavan itsetiivistyvän betonin palonkestoaa /6, s.14/.

Valusaumojen leikkauskapasiteetti

Kovettuneen itsetiivistyvän betonin pinta saattaa betonoinnin ja kovettumisen jälkeen olla melko sileä ja vettä läpäisemätön. Jos pintaa ei käsitellä betonoinnin jälkeen,

ensimmäisen ja toisen kerroksen välinen leikkauskapasiteetti voi olla alempi kuin perinteisellä betonilla, ja se voi olla riittämätön kestämään leikkausvoimia. Pintakäsittelyksi tulisi riittää hidastinten käyttö pinnassa, harjaus tai pinnan karheus /4, s.7/

Pintojen laatu

Itsetiivistyvällä betonilla voidaan saavuttaa hyviä ja korkealaatuisia puhdasvalupintoja. Itsetiivistyvän betonin pintaan voi syntyä joskus suuria tai suuri määrä ilmahuokosia. Ilmahuokosten määrä yleensä kasvaa valukappaleen yläosassa sen mukaan, mitä korkeammaksi kyseinen valukappale muodostuu. Tutkimuksissa on todettu, ettei betonin sisään ole syntynyt ilmahuokosia vastaavassa määrin. Pääsyyksi tutkimusten perusteella ilmahuokosten syntymiseen aiheuttaa työmenetelmiin nähden liian suuri betonimassan viskositeetti /6, s.15/.

Säilyvyys

Betonirakenteen säilyvyys riippuu siitä, miten läpäisevä sen pintakerros on. Itsetiivistyvällä betonilla voidaan saada aikaan materiaali, jolla on suhteellisen alhainen ja samansuuruinen läpäisevyys sekä vähemmän heikkoja kohtia kuin perinteisellä betonilla. Kun näitä haitallisia kohtia ei ole, joihin ympäristön betonille haitalliset aineet voisivat tunkeutua, tulee itsetiivistyvistä betonista hyvin säilyvää /4, s.8/.

Lämpölaajenemiskerroin

Betonin lämpölaajenemiskerroin muuttuu betonin koostumuksesta, iästä ja kosteuspiitoisuudesta riippuen. Koska betoni koostuu enimmäkseen kiviaineesta, niin kiviaineksen lämpölaajenemiskerroin vaikuttaa suuresti myös koko betonin lämpölaajenemiskertoimeen. Lämpölaajenemiskertoimen pienentäminen johtaa siihen, että halkeamaraudoitusta voidaan vähentää vastaavasti. Lämpölaajenemiskertoimen arvo on $8 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C} - 13 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ välillä, standardin EN 1992-1-1 mukaisesti arvona voidaan käyttää $10 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C} - 13 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ ellei käytettävissä ole tarkempia tietoja. Tätä voidaan soveltaa myös itsetiivistyvään betoniin /4, s.7/.

4 ITSETIIVISTYVÄN BETONIN TESTAUSMENETELMÄT

Itsetiivistyvälle betonille löytyy useita menetelmiä joilla testataan massan ominaisuuksia, jotta voitaisiin todeta massasta tulleen halutun kaltainen. Näitä kokeita ovat: L-laatikkokoe, T50-aika, leviämä, V-suppilokoe, J-rengastesti ja erottumiskestävyyden seulatesti. Aluksi näille kokeille ei ollut kansainvälistä hyväksyntää vaikka niitä käytettiinkin. Tämä osaltaan kertoo kuinka uudesta tuotteesta on kyse puhuttaessa itsetiivistyvistä betonista. Suomessa nämä kokeet ovat saaneet Suomen Standardoimisliiton hyväksynnän vasta vuonna 2010. Suomessa suositellaan yleensä käytettäväksi leviämää sekä T50-aikaa /6, s. 5/.

4.1 Leviämä/painuma testi

Standardi SFS-EN 12350-8 määrittää kokeen virallisen toteutuksen ja tähän käytettävät välineet. Lyhennetyksi kokeessa asetetaan kartion mallinen tilavuudeltaan vähintään 10 litraa oleva kartio väärinpäin, kartion nokkapuoli alaspäin, sopivalle levyille. Tämän jälkeen kartio täytetään betonimassalla, jonka jälkeen kartio nopeasti nostetaan pois paikaltaan. Kartion noston jälkeen betonimassa valuu levyn päälle tasaiseksi kerrokseksi ympyrän muotoon, saaden aikaan tietyn suuruisen halkaisijan. Tämä halkaisija mitataan ja todetaan onko massan notkeus halutun kaltainen (kuva 2).



(kuva 2, kokeessa käytetty kartio sekä massan leviämä
kuva 2, Harri Tarasmaa.)

4.2 T50-aika

Standardissa SFS-EN 206-9, itsetiivistyvän betonin lisäsäännöt, määritetään viskositeettiluokkia, jossa T50-aika on joko yli tai alle kahden sekunnin. Varsinaista omaa standardia T50-ajalle ei ole, vaan T50-aika kokeessa käytetään Leviämä-painuma testin apua. T50-aika määräytyy seuraavasti. Kun leviämä-painuma testissä kartio nostetaan paikoiltaan, tulisi tällöin aloittaa ajan otto kellolla. Kartion alla olevassa le-

vyssä tulisi olla merkitty selvä ympyrä jonka halkaisija on 500 mm. Kun betonimassa täyttää tämän ympyrän kokonaan, tulisi kello pysäyttää. Tätä saatua aikaa kutsutaan T50-ajaksi. Suositeltava T50-aika riippuu siitä, kuinka notkeaa, massasta halutaan tulevan. Huomattavaa on myös, että standardi SFS-EN 206-9 käyttää tässä ilmausta t500 eikä T50-aika.

4.3 V-suppilokoe

Standardi SFS-EN 12350-9 määrittää kokeen virallisen toteutuksen ja tähän käytettävät välineet sekä esittää taulukkoarvot tyyppillisistä virtausajoista. Lyhyesti sanottuna, kokeessa täytetään tietyn kokoinen suppilon mallinen astia betonimassalla ja mitataan aika, joka kuluu siihen kun betonimassa valuu pois suppilon alapäästä. V-suppilokoea käytetään itsetiivistyvän betonin viskositeetin ja täyttökyvyn arvioimiseen.

4.4 L-laatikkokoe

Standardi SFS-EN 12350-10 määrittää kokeen virallisen toteutuksen ja tähän käytettävät välineet. Lyhyesti sanottuna, kokeessa käytetään L:n muotoista koelaatikkoa, jossa pitempi sivu on makuullaan maassa. Betonimassaa syötetään kappaleen päältä, eli L-kirjaimen alakärjestä sisään. Varren kohdalla on joko kaksi tai kolme rautatankoa joihin betonimassa törmää valuessaan L-osan varteen, joka on makuullaan maassa. Kun tietty määrä massaa on laskettu läpi, mitataan betonimassan korkeudet pystysuorassa osassa ja vaakasuoran osan päässä. Tästä lasketaan korkeuksien suhde, joka kuvaa betonin läpäisykykyä tai kasautumista.

4.5 Erottumiskestävyyden seulatesti

Standardi SFS-EN 12350-11 määrittää kokeen virallisen toteutuksen ja tähän käytettävät välineet. Testiä käytetään arvioitaessa itsetiivistyvän betonin erottumiskestävyyttä. Ensin betonimassasta otetaan näyte standardin EN 12350-1 mukaisesti. Tämän jälkeen betonimassan annetaan seisoa 15min, jonka jälkeen mahdollinen vedenerottuminen kirjataan. Sitten näyte kaadetaan seulalle, jossa on 5mm aukot. Seulan läpäisevä aines punnitaan 2min kuluttua. Lopuksi voidaan laskea betonimassan erottumissuhde seulan läpäisseen materiaalin ja näytteen massojen suhteena.

4.6 J-rengastesti

Standardi SFS-EN 12350-12 määrittää kokeen virallisen toteutuksen ja tähän käytettävät välineet. Myös J-rengastestiä käytetään arvioitaessa itsetiivistyvän betonimassan läpäisykykyä. Tämä testi onkin vaihtoehtoinen standardin EN 12350-10 L-laatikkokokeelle. Tulokset näissä testeissä eivät kuitenkaan ole suoraan vertailukelpoisia. Tässä testissä menetellään samoin kuin standardin EN 12350-8 testissäkin. Poikkeuksena aiempaan, tässä testissä kartion ympärille asetetaan ns. J-rengas, joka koostuu pystysuunnassa tasavälisistä sileistä tangoista muodostuvasta renkaasta.

5 ITSETIIVISTYVÄN BETONIN SUHTEITUS

Itsetiivistyvä betoni voidaan suhteittaa useilla eri menetelmillä. Monesti onkin niin, että riippuen suhteituksen tekijästä on jokaisella hieman omanlaisensa suhteitus, riippuen siitä onko menetelmä tehty silmälläpitäen tehdas- vai paikallavalua varten. Täten erilaisia reseptejä onkin mahdollista tehdä useita erilaisia. Seuraavaksi esitetään muutamia erilaisia suhteitusmenetelmiä havainnollistamaan sitä, että itsetiivistyvän betonin teossa ei ole yhtä oikeaa menetelmää. Suhteitukset on poimittu eri kirjallisuuslähteistä.

5.1 Bertil Perssonin suhteitusmenetelmä

Teknillinen korkeakoulu on tehnyt julkaisun *Itsetiivistyvien betonien suhteitus, valmistustekniikka ja perusominaisuudet*. Kirjan tekijöistä mainittakoon muun muassa Vesa Penttala, joka on Suomen ainoa betonialan professori. Kirjan ohella on tehty suhteitus-cd, joka käsittelee itsetiivistyvän betonin suhteitusta kolmelta eri kannalta: Huokostamattomat Pika- ja Rapid-sementeistä valmistetut itsetiivistyvät betonit, Huokostamattomat SR-sementistä valmistetut itsetiivistyvät betonit, Huokostetut itsetiivistyvät betonit. Kirja mainitsee yhtenä suhteitusmenetelmänä Bertil Perssonin Lundin Teknillisessä korkeakoulussa kehittämän menetelmän. Persson olettaa, että itsetiivistyvän betonin kuivilla osakomponenteilla on optimaalinen käyrä. Varsinaista betonia suhteitettaessa pyritään siihen, että kaikki betonin osakomponentit tulevat suhteituskäyrälle mahdollisimman lähelle tätä optimaalista käyrää /9, s.72/. Kirjaan on lisätty esimerkki kuva tästä optimaalisesta käyrästä. Käyrä näyttää siltä, että 0,016 - 8mm käyrän osuus on suora. Tämä tukee teoriaa, joka löytyy *BY201 betonitekniikan oppikirja 2004* -kirjasta, jossa ohjeistetaan suhteittamaan itsetiivistyvä betoni siten, että 0,125 - 4mm rakeisuuskäyrän osuus on suora.

5.2 Eurooppalainen ohje itsetiivistyvistä betonista -raportin suhteitusmenetelmät

Eurooppalainen ohje itsetiivistyvistä betonista antaa neljä erilaista suhteitusperiaatetta. /4, s.19/

Itsetiivistyviltä betonimassoilta vaadittujen ominaisuuksien yhdistelmän saavuttamiseksi.

1. Pastan nestemäisyys ja viskositeetti säädetään ja tasapainotetaan valitsemalla ja suhteittamalla sementti ja seosaineet huolellisesti, rajoittamalla vesi-jauhesuhdetta ja lisäämällä sitten tehonotkistinta ja (vaihtoehtoisesti) viskositeettilisäainetta. Näiden itsetiivistyvän betonin osa-aineiden oikea valvonta, niiden yhteensopivuus ja yhteisvaikutus ovat hyvän valuvuuden, läpäisykyvyn ja erottamattomuuden avain.
2. Hienoaines voi sisältää huomattavan määrän tyyppin I tai II seosaineita, jotka valvovat lämpötilan nousua ja lämpökutistumisen aiheittamaa halkeilua sekä lujuutta, jotta sementtimäärä pysyy hyväksyttävällä tasolla
3. Pasta kuljettaa kiviainesta, ja tästä syystä pastan tilavuuden tulee olla kiviaineksen tyhjätilan tilavuutta suurempi, niin että pastakerros pinnoittaa ja voitelee kaikki yksittäiset kiviainepartikkelit. Tämä lisää nestemäisyyttä ja vähentää kiviaineksen kitkaa.
4. Seoksessa olevan karkean ja hienon kiviaineksen suhdetta pienennetään niin, että laastikerros ympäröi täysin yksittäiset karkeat kiviainepartikkelit. Tämä vähentää kiviaineksen vaarnavaikutusta ja silloittumista, kun betoni valuu raudoituksen välissä olevien kapeiden kohtien tai aukkojen välistä ja lisää itsetiivistyvän betonin läpäisykykyä.

Näiden suhteitusperiaatteiden tuloksena saadaan betonia, jossa perinteiseen tärytettyyn betoniin verrattuna tavallisesti

- karkean kiviaineksen määrä on pienempi
- pastan määrä on suurempi
- on alhainen vesi-jauhesuhde
- tehonotkistimen määrä on suurempi
- on joskus viskositeettilisäainetta.

Liittyen edellisiin ohjeisiin on hyvä ymmärtää, mikä pastaosuus on. Suomen betonitiedon julkaisema kirja *ITB – Itsetiivistyvä betoni (2004)* kirja määrittelee pastaosuuden seuraavasti: Pasta(osuus), mikrolaasti (Paste, micromortar) tarkoittaa tässä be-

tonin sitä tilavuusosuutta, joka koostuu jauheesta, vedestä, lisäaineista ja ilmasta. /3, s. 15/.

5.3 Okamuran suhteitusmenetelmät

Itsetiivistyvän betonin toinen kehittäjä, Okamura antaa myös neljä erilaista suhteitusmenetelmää. Näitä menetelmiä pystytään muuntamaan tarpeiden ja materiaalien mukaan. Menetelmät on luotu lähinnä valmisbetoniasemille /7, s.23/.

1. Karkean kiviaineksen (5-20mm) suhteellinen tilavuus ei saa ylittää 50 % betonin kiinteiden aineiden tilavuutta. Kiinteisiin aineisiin kuuluvat muut paitsi ilma, vesi ja nestemäiset lisäainekset.
2. Hienon kiviaineksen (0,09-5mm) määrä ei saisi ylittää 40 % laastin tilavuudesta. Laasti koostuu sementistä, vedestä ja hienosta kiviaineksesta yhdistelmänä.
3. Vesi-sideainesuhde tilavuusyksikköinä 0,9-1,0 sideainekombinaation vaihtoehtojen mukaan.
4. Tehonotkistimen määrä ja lopullisen vesisementtisuhteen määrä selviää nesteiden annostuksen jälkeen. Massasta tehdään niin notkeaa, että sen tiivistyvyys voidaan todeta itsetiivistyvyysskojeilla, esimerkiksi U-kojeella

5.4 Su, N. HSU, K.C ja Chai, H.W:n suhteitusmenetelmät

Tässä suhteitusmenetelmässä perusideana on välttää kustannuksia aiheuttavaa laatu- ja lujuuskontrollin toistamista /7, s.24/. Tiedot otettu tutkielmasta *A simple mix design method for self-compacting concrete*, *Cement and Concrete Research*, Vol. 31, Is. 12, December 2001.

- lasketaan karkean ja hienon kiviaineksen määrä
- lasketaan sementin määrä tarvittavan lujuuden mukaan
- lasketaan sekoitusvesi sementin määrästä
- lasketaan lentotuhkan ja masuunikuorman määrä
- lasketaan vesimäärä uudelleen
- lasketaan tehonotkistimen määrä (1,8 % sideainemäärästä)
- tarkistetaan vesimäärä
- koevalu ja testit itsetiivistyvyydelle
- mahdolliset muutokset suhteitukseen.

5.5 Muita suhteitusmenetelmiä

Muita suhteitusmenetelmiä ovat muun muassa Peterssonin tekemä suhteitus. Tässä suhteituksessa yritetään saada sementtipastan tilavuusosuus mahdollisimman pieneksi. Menetelmässä on kaksivaihetta. Ensimmäisessä vaiheessa mitataan karkean ja hienon kiviaineksen muodostama huokostilavuus. Toisessa vaiheessa laskukavalla lasketaan kiviaineksen enimmäismäärä ehdolla, että kiviainepartikkelit eivät haittaa massan valumista /7, s.25/.

Sedran ja Larrard ovat kehittäneet tietokonepohjaisen suhteitusmenetelmän itsetiivistyvälle betonille, joka perustuu kiviaineksen pakkautumisen optimointiin. Muuttujina ovat tuoreen massan viskositeetti ja myötölujuus /7, s.25/.

Itsetiivistyvälle betonille on lisäksi tehty lukuisia eri suhteitusmenetelmiä. Erilaisia suhteitusmenetelmiä on kehitetty muun muassa Saksassa, Australiassa, Hollannissa ja Kanadassa. Yhteistä näille erilaisille menetelmille on yleensä alhaislämpösementtien käyttö, käytetyt sementit ovat usein seossementtejä, suuri hienoainemäärä sekä hienon ja karkean kiviaineksen suhteen korostunut merkitys. Yleensä käytettyjä hienoaineksia ovat luonnon hiekka, silika, lentotuhka ja kalkkikivijauhe. Näiden aineksien raekoko ja ominaispinta-ala on tunnettava, jotta betoni saavuttaisi sille asetetut vaatimukset. Myös kiviaineksen kosteuspitoisuus on tunnettava tarkasti ja tehonotkistimen käyttö on välttämätöntä /7, s.25/.

6 YHTEENVETO

Itsetiivistyvä betoni on koko ajan lisääntyvä käyttömateriaali rakennusalalla. Sillä saavutetaan monia etuja verrattaessa normaaliin vibrabetoniin. Se nopeuttaa valutyötä jättäen raskaan ja äänekkään vibraustyön pois. Sillä voidaan toteuttaa vaikeita korjauskohteita sekä toteuttaa rakenteiden lisälujittamista, tehtäessä entiseen kohteeseen valmis ja tiivis muotti, johonka itsetiivistyvä betonimassa voidaan pumpata tarpeen tullen vaikka alakautta. Itsetiivistyvä betoni antaa myös arkkitehtien näkökulmasta katsottuna lisää muotoilun mahdollisuuksia ja väri vaihtoehtoja sekä lisänä korkeatasoisia valupintoja. Itsetiivistyvällä betonilla on samat ominaisuudet kuin perinteisellä betonillakin, joten sekään ei rajoita itsetiivistyvän betonin käyttöä. Muottipinnan tulee kuitenkin olla tasainen, koska muuten itsetiivistyvä massa tulvii muotista ulos. Myös massan kuljetuksessa työmaalle voi tapahtua erottumista, joka osaltaan hankaloittaa paikallavalu mahdollisuuksia. Itsetiivistyvää betonia voidaan käyttää niin elementtitehtaalla erilaisten elementtien tekoon kuin myös suoraan työmaalla paikallavalu tarkoituksessakin. Se mahdollistaa tiheästikin raudoitettujen kappaleiden teon ilman vaaraa, että vibra juuttuu teräksiin jääden lopulta valuun.

Itsetiivistyvä betoni voidaan valmistaa myös niin sanottuna P-lukubetonina eli huokostettuna betonina. Tällöin betoniin lisätään ilmaa, joista kehittyy betonia suojaavia suojahuokosia, jotka ottavat vastaan talvella betonin sisältämän veden laajenemisen vastaan. Itsetiivistyvä betoni voidaan halutessa valmistaa eri lujuusluokkiin perinteisen betonin tavoin. Matalammat lujuudet kuitenkin ovat yleensä hankalampia saavuttaa itsetiivistyvällä betonilla kuin korkeat lujuudet. Normaali lujuusluokka itsetiivistyvällä betonilla on yleensä K60-lujuusluokka. Matalammilla lujuusluokilla myös halutut ominaisuudet voivat olla vaikeampia saavuttaa, kuten pintojen huokosuttomuus. Itsetiivistyvällä betonilla voidaan myös saavuttaa korkealujuusbetonien tasoisia lujuuksia, jolloin betonin lujuus on jo K80-lujuusluokassa.

Riippuen suhteutuksesta ja käytettävistä materiaaleista, itsetiivistyvän massan kuutiahinta voi jäädä jopa alle perinteisen betonimassan kuutiahinnan. Tällaisessa tapauksessa on käytetty eri sidosaineita betonien kesken. Mitä enemmän itsetiivistyvän massan teossa joudutaan käyttämään erilaisia lisäaineita, notkistimia ja huokostimia, sitä suuremmaksi massan kuutiahinta nousee. Yleensä varsinaisiin perusaineisiin mentäessä on siten, että kiviaines tulee mahdollisimman läheltä varsinaista aluetta, jossa betonimassa valmistetaan. Vesi tulee infrarakentamisen kautta vesijohtoa myöten, mutta poikkeuksena on sementti, joka voi tulla hyvinkin etäältä. Näin ollen myös

käytetyillä sementeillä on merkittävä osuus siinä millaiseksi itsestivistyvän betonin ominaisuudet ja hinta muodostuvat.

Itsetiivistyvä betoni voidaan suhteittaa monilla eri tavoilla ja näin itsestivistyvälle betonille saavutetaan erilaisia haluttuja ominaisuuksia. Näihin ominaisuuksiin vaikuttavat monet eri asiat. Näitä asioita on muun muassa työtekniset asiat, käytetyt lisäaineet ja sementit sekä vesimäärän hallinta. Tämän tarkemmin asioihin ei paneuduta tässä osiossa vaan varsinainen käytännön kokemus on kirjattu liitteeseen 1, joka on luottamuksellinen.

LÄHTEET

- 1 Betonimestarit Oy:n www-sivut. [verkkodokumentti]. [viitattu 2.3.2011]. Saatavissa: www.betonimestarit.fi
- 2 Sanomalehti. Savon Sanomat 16.3.2011. Otsikko: Uusin tehdas Intiaan
- 3 ITB Itsetiivistyvä betoni 2004 -kirja, Betonikeskus ry. 2004
- 4 Eurooppalainen ohje itsetiivistyvästä betonista, Betoniteollisuus ry [verkkodokumentti]. [viitattu 20.2.2011]. Saatavissa: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:cWF5LaXlb_EJ:www.beton.com/download.aspx%3FintFileID%3D1499%26intLinkedFromObjectID%3D6747+eurooppalainen+ohje+itsetiivistyv%C3%A4st%C3%A4+betonista&cd=1&hl=fi&ct=clnk&gl=fi&source=www.google.fi
- 5 Lohja Rudus. Lehdistötiedote 9.10.2003: Itsetiivistyvä betoni – merkittävä innovaatio betoniteknologiassa, [verkkodokumentti]. [viitattu 3.2.2011]. Saatavissa: <http://lohjarudus.fi/ajankohtaista/akjuttu.asp?cat=&id=56>
- 6 Opas itsetiivistyvän paikallavalubetonin valmistukseen ja käyttöön. Betoniteollisuus ry. [verkkodokumentti]. [viitattu 15.2.2011]. Saatavissa: http://www.betoni.com/files/files/TY%C3%96HJE_kokonaan_v7.pdf
- 7 Tuomas Ahlroos. Diplomityö, *Normaalilujuuksisen itsetiivistyvän betonin ominaisuudet*, 22.4.2002. Teknillinen KorkeaKoulu, Rakennus- ja ympäristötekniikan osasto.
- 8 BY 50, Betoninormit 2004 -kirja, Suomen Betoniyhdistys ry 2009.
- 9 Itsetiivistyvien betonien suhteitus, valmistustekniikka ja perusominaisuudet. Teknillinen KorkeaKoulu, Rakennusmateriaalitekniikka julkaisu 16, Espoo 2004.
- 10 BY 201, Betonitekniikan oppikirja, Suomen Betoniyhdistys ry 2005.

- 11 Itsetiivistyvä betoni, State-of-the-art Osa I, materiaaliominaisuudet. VTT, Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan julkaisema teos 2001. [verkkodokumentti] [viitattu 15.3.2011]. Saatavissa: <http://www.betoni.com/files/files/itbir1.pdf>
- 12 Cemex:n www-sivut. [verkkodokumentti]. [viitattu 27.2.2011]. Saatavissa: <http://www.cemexfinland.fi/>
- 13 Sika Finland:n www-sivut. [verkkodokumentti]. [viitattu 27.2.2011]. Saatavissa: www.sika.fi

työtä tehtäessä lähdemateriaalina on käytetty myös eri henkilöiden kanssa käytyjä keskusteluja.