



MANNVIT

Loftkerfi steinsteypu, sjálfvirk talning – forathugun

Vegagerðin

Lokaskýrsla

Guðbjartur Jón Einarsson

26 mars 2013





MANNVIT

Grensásvegur 1
108 Reykjavík
Sími: 422 3000
Fax: 422 3001
@: mannvit@mannvit.is
www.mannvit.is

Mannvit Verkfræðistofa

TITILBLAÐ

Skýrsla nr: MV 2013-007	Útgáfunr.: 1	Útgáfudags.: 26.03.2013	Verknúmer: 7-009-298
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: Loftkerfi steinsteypu, sjálfvirk talning - forathugun			Upplag: 5
			Fjöldi síðna: 14
Höfundur/ar: Guðbjartur Jón Einarsson		Verkefnisstjóri (undirskr.): 	
		Yfirfarið (undirskr.): 	
Verkkaupi: Vegagerðin		Tengiliður verkkaupa: Þórir Ingason	
Samstarfsaðilar:			
Útdráttur: Í verkefninu fór fram forprófun á sjálfvirkri aðferð þar sem notast er við borðskanna til að taka myndir af slípuðum steypusýnum, og myndgreiningu beitt á myndirnar til að draga út úr þeim upplýsingar um loftkerfi hennar. Þrjár sneiðar voru notaðar til að þróa aðferðarfræði við myndgreininguna til að skila sambærilegu mæliniðurstöðum við venjulegar handtalningar. Ágætlega gekk að mæla heildarloft en aðeins meira munaði þegar kom að fjarlægðarstuðli og einkennandi yfirborði loftkerfisins.			
Efnisorð: Steinsteypa, loft, efja fylliefni			

Dreifing:
 Opin öllum starfsmönnum
(Rafræn í bókasafni)

 Lokuð
(Engin dreifing nema með leyfi verkkaupa.)

Breytingasaga:

1	26.03.2013	Lokaskýrsla	GJE	GG
Útgáfunr	Dags.	Breyting	Höf.	Yfirfarið

Efnisyfirlit

Inngangur	1
Kynning.....	1
Aðferðir við lofttalningar	2
Myndgreining	3
Mögulegar myndgreiningaraðferðir við lofttalningu	4
<i>Borðskanni</i>	4
<i>Víðsjá og vélstýrt borð</i>	5
Aðferð þessa verkefnis	5
Niðurstöður	12
<i>Áframhald</i>	13
Heimildir	14

Inngangur

Loftblöndun í steinsteypu er ein af helstu leiðum til að bæta frostþol hennar. Ganga þarf úr skugga um að eiginleikar loftkerfis í harðnaðri steypu, þ.e.a.s. dreifing og loftmagn sé innan settra marka. Algengasta aðferðin við þetta er handvirk talning í víðsjá.

Í byrjun árs 2012 var sótt um styrk í rannsóknarsjóð Vegagerðarinnar til að gera könnun á stafrænni aðferð til að meta loftkerfi harðnaðar íslenskrar steinsteypu. Þar sem þetta verkefni var sett upp sem forkönnun, voru einungis valin þrjú sýni til að skoða, tvö sem voru með svipað loftkerfi m.v. handvirka talningu og svo það þriðja með talsvert meira loftinnihaldi. Ekki var farið út í meiri vinnslu á fleiri sýnum en það myndi vera talsvert yfirgrípsmeira og stærra verkefni að stilla aðferðafræði við úrvinnslu mynda til samræmingar.

Kynning

Síðan T. C. Powers¹ gaf út rannsóknir sínar hefur lofti víða verið blandað í steinsteypu til að vernda hana fyrir frostskegndum. Grunn hugmyndin á bakvið loftblendið er að þegar vatn frýs þenst það út, þannig að ef vatnið getur ferðast eftir hárpípum inn í næstu loftbólum, hefur þenslan pláss og veldur því ekki spennum sem geta leitt til sprungna og skemmda í steypunni. Því þarf vatn að geta komist þaðan sem það er um harðnaða sementsefjuna og í næstu loftbólum, þess vegna þarf vatnið að vera nálægt loftbólum. Til að þetta virki þarf að vera ákveðið lágmarksmagn af loftbólum til staðar í efju hluta steypunnar, og til þess er loftblendi notað í steinsteypu. Það rúmmál lofts sem þarf til að viðnám steypu sé sem mest gangvart frosti og þíðu er háð ýmsu, til dæmis kornstærð fylliefna, áreitisflokkum og reglugerðum, en oftast er það fyrirskrifað á bilinu 4 – 8 %, íslenska byggingarreglugerðin segir a.m.k. 5 %. Loft er tiltölulega auðvelt að mæla í ferskri steypu, ein er svokölluð þrýstingsaðferð og er lýst í ÍST EN 12350-7² (Testing fresh concrete – Part 7: Air content – Pressure methods). En heildar loftinnihald í ferskri steypu er ekki aðalatriðið, þ.e.a.s. það er ekki beint samband milli heildar loftinnihalds og frostþols. Þeir þættir loftkerfis steypunnar sem betur skilgreina frostþol eru fjarlægðarstuðull og einkennandi yfirborð. Þeir eru báðir skilgreindir í ASTM C 457³ og ÍST EN 480-11⁴ (ákvörðun á eiginleikum loftkerfis harðnaðrar steinsteypu), en í þeim er lýst stöðluðum aðferðum til ákvörðunar á eiginleikum loftkerfis harðnaðrar steinsteypu.

Fjarlægðarstuðullinn (e. spacing factor) er ein mikilvægasti eiginleikinn þegar kemur að frostþoli. Það er vegna þess að hann segir til um hámarks meðalfjarlægð hvaðan sem er í sementsefjunni að útbrún næstu loftbólum. Virkni þess loftkerfis sem fæst við notkun á loftblendi stjórnast af uppröðun loftbólanna, þ.e.a.s. hver fjarlægðin sem vatnið þarf að ferðast úr efjunni í loftbóluna er. Hér þarf að nefna sérstaklega að fjarlægðarstuðullinn er námundun sem er byggð á þeirri nálgun að allar loftbólur séu jafn stórar. Stærð bæði loftbólanna og fjarlægðarstuðulsins þarf að vera nægjanlega smá til að steypa standist frost og þíðu með tiltölulega lágu loftinnihaldi. Samkvæmt rannsókn P. Klieger⁵ þá eru sterk rök fyrir því að fjarlægðarstuðullinn sé mikilvægasti eiginleiki steinsteypu m.t.t. frostþols. Til að venjuleg steypa sé frostþolin ætti fjarlægðarstuðullinn ekki að vera stærri en 0,2 til 0,25 mm.

Mæling á fjarlægðarstuðlinum er tímafrek og augljóslega ekki nothæf á verkstað, þar sem loftinnihald í ferskri steypu er notað. Eðlilegt er eins og áður sagði þarf fyrirskrifað loftmagn að vera á bilinu 4 – 8 % af rúmmáli fyrir steypu sem á að vera frostþolin. En svo illa vill til að það er ekki nægjanlega línulegt samband milli heildar loftinnihalds ferskrar steypu og fjarlægðarstuðuls. Þó svo að hærra heildar loftinnihald skili oft lægri fjarlægðarstuðli eru gildi fyrir fjarlægðarstuðul fyrir fast loftinnihald á víðu bili. Pigeon⁶ fjallar m.a. um að mismunandi steypur með 5 % loftinnihaldi get haft fjarlægðarstuðul á bilinu 0,1 til 0,4 mm, þannig að nógu hátt loftinnihald þarf ekki að jafngilda ásættanlegum fjarlægðarstuðli.

Einkennandi yfirborð loftkerfis steinsteypu er gildi sem lýsir fínleika loftbólanna. Það er notað til að lýsa stærðardreifingunni á loftbólunum og skilgreint sem samanlagt flatamál þversniðs loftbólanna deilt með samanlögðu rúmmáli. Einkennandi yfirborð er sett fram sem flatarmál á rúmmál, og einingin mm^2/mm^3 eða mm^{-1} , hærra gildi lýsa smágerðari loftbólum í kerfinu. Fyrir loftblendna steypu sem á að teljast frostþolin eru gildin á einkennandi yfirborði á bilinu 16 – 24 mm^{-1} ⁷. Í raun er einkennandi yfirborðið stakt tölugildi sem á að lýsa stærðardreifingu loftkerfisins. Þannig tapast upplýsingar um það stærðarbil sem loftbólurnar eru á og ekkert er vitað um raunverulegan fjölda loftbóla sem eru af stærð sem svipar til meðalgildisins. Til viðbótar er stærðardreifingin ekki nægjanlega vel skilgrein þar sem hægt er að lýsa mismunandi stærðardreifingum með sama meðaltalsgildinu. Lýsir þetta að einhverju þeim takmörkunum sem einkennandi yfirborðið er háð, og ætti aðeins að nota það þegar stærðardreifing loftbólanna í kerfinu er án „óvenjulega stórra“ loftbólna.

Aðferðir við lofttalningar

Þær aðferðir sem eru notaðar við smásjárgreiningar á loftinnihaldi og eiginleikum loftkerfis harðnaðrar steinsteypu byggjast á að reyna endurskapa raunveruleg þrívíða dreifingu á loftbólunum í steypunni með því að notast við nokkrar einfaldanir. En þær einfaldanir og nálganir snúa að því að gera þrívítt mat með skoðun á plönnum, línunum eða punktum. Stöðluðu aðferðirnar tvær, úr ASTM C 457 og ÍST EN 480-11, eru línuleg aðferð (ein-víð) annars vegar og breytt punkt talningar aðferð (núll-víð) hins vegar. Hér á eftir verður aðferðunum lýst, en þó ekki farið svo djúpt í þær að fara yfir reikniaðferðir, áhugasömum er bent á staðlana sjálfa fyrir þær upplýsingar.

Fyrsta aðferðin felur í sér yfirferð á planslípuðu yfirborði eftir ákveðnum fjölda samsíða lína með jöfnu millibili. Svo er skráð í hvert skipti þegar línan sker loft, sementsefju eða fylliefni, og hversu langur skurðurinn er. Þegar fjöldi og stærðardreifing, í raun lengdardreifing mældra línustrika í þessu 1-víða kerfi er þekkt er mögulegt að reikna upp í 3-víða dreifingu efniseiginleika ef reiknað er með vissum einföldunum. Þessi aðferð kallast á ensku *linear traverse method* eða línutalningar aðferð og henni er lýst í bæði ASTM C 457 og ÍST EN 480-11.

Önnur aðferðin felur í sér að skoða og skrá hvað er í brennipunkti viðsjárinnar sem eru með reglulegu millibili bæði í N-S og A-V stefnu á sneiðinni. Sneiðinni er þannig komið fyrir að við eina færslu, hvort er í x- eða y-stefnu, stöðvast sneiðin í næsta punkti sem á að skoða. Í

hverjum punkti þarf skoðandinn einungis að ákveða hvort um sé að ræða loftból, fylliefni eða sementsefja. Til viðbótar þarf þegar búið er að punkt telja línu að farið til baka eftir línunni og telja heildarfjölda loftbóla í sementsefjunni. Út frá þessari 0-víðu athugun má svo nálga 3-víða dreifingu eiginleika steypunnar. Þessari aðferð er lýst í ASTM C 457 sem punkt talningar aðferð (*e. modified point count method*) og er þetta sú aðferð sem algengt er að nota hérlandis.

Í þriðju aðferðinni er þvermál allra hringlaga loftbólna í sementsefjunni sem skera slípaða planið mælt, ásamt heildar flatarmáli loftbólanna, sementsefjunnar og fylliefnanna í sneiðinni. Þegar svo þessi tvívíða dreifing er orðin þekkt er hægt að reikna út þá 3-víðu. En vinnan á bakvið það að mæla þetta handvirkt er mjög tímafrek og nánast óraunhæf. Hins vegar er mögulegt með aðstoð myndvinnslu og myndgreiningar að notast við þessa aðferð, þar sem hún bíður upp á bestu nálgunina. Þó verður að hafa í huga að ólíkt fyrstu tveimur aðferðunum er þetta ekki stöðluð aðferð, og það þarf talsverða þróunarvinnu við hana í samanburði við hinar áður en hægt er að gefa út niðurstöður úr henni.

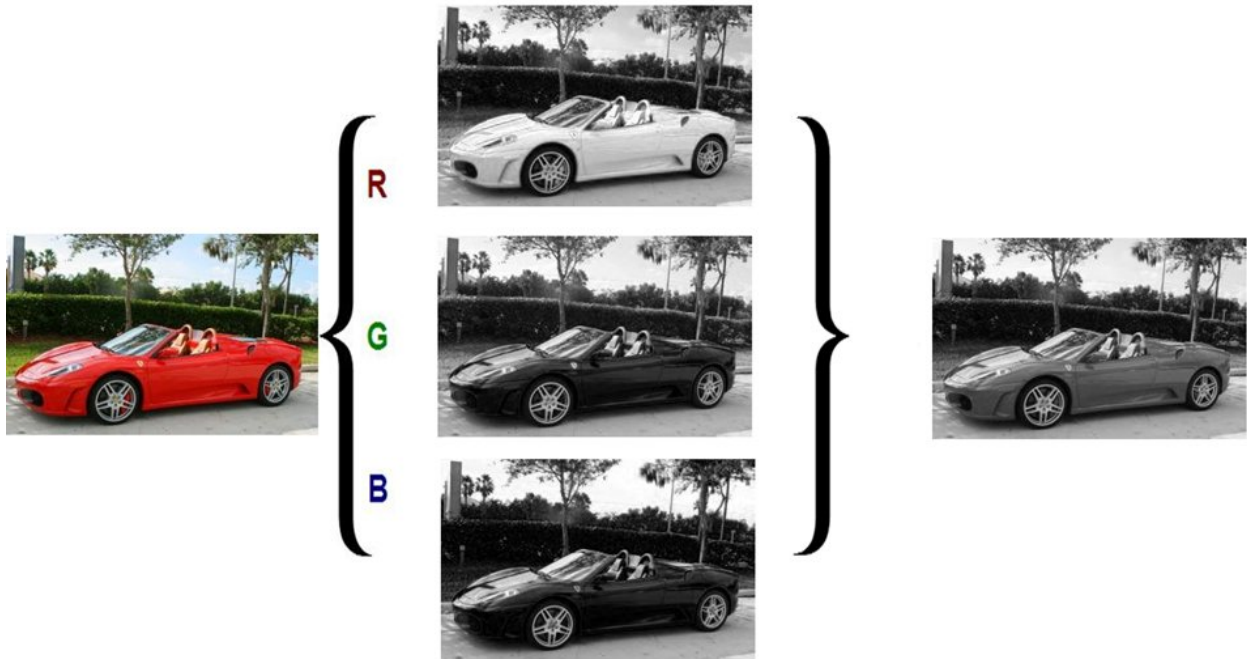
Myndgreining

Myndgreining er skoðun og greining mynda með því markmiði að vinna mælanlegar upplýsingar út úr þeim. Þessar upplýsingar er hægt að nota til að bera kennsl á þætti á myndum og mæla t.d. stærð og lögun þeirra.

Í þessu verkefni var forritið ImageJ⁸ notað við myndgreiningar, en það er opinn myndgreiningar hugbúnaður.

Þegar unnið er með myndir með það að markmiði að draga upplýsingar út úr þeim, má skipta þeim aðgerðum sem framkvæmdar eru á myndunum í tvennt. Sú fyrri, myndvinnsla, felur í sér meðhöndlun og lagfæringu á upprunalegu myndinni, sem oft er litmynd, á það stig að myndin verður tveggja fasa, þ.e. svört og hvít. Sú síðari, myndgreiningin sjálf, er magngreining eða talning á gögnum úr svarthvítumyndinni, t.d. stærð, lögun, horni, flatarmáli o.fl.

Til að gera svarthvítamynd (tvífasa) er best að byrja með litmynd af hæstu mögulegu gæðum/upplausn. Litmyndinni er fyrst breytt í gráskalamynd, þar sem rásirnar þrjár úr litmyndinni (rauð, græn og blá) eru annaðhvort teknar saman á einhvers konar meðaltali eða ein rás tekin úr og gráskalamyndin búin til. Dæmi um þetta má sjá á mynd 1.



Mynd 1. Sýnir litmynd skipt í rauða-, græna- og bláarás, og hér myndar meðaltal þeirra gráskalamynd.

Gráskalamynd er 256 bita mynd (256 tónar af gráum) þar sem hver punktur á myndinni hefur gildi á bilinu 0-255. Til að gera tvífasa svarta og hvíta mynd er gráskalamyndinni skipt í tvennt, þar sem annarsvegar eru punktar frá 0 til X og hinsvegar frá X+1 til 255, og annar hlutinn verður hvítur og hinn svartur. Þetta kallast að velja gráskalamyndinni þröskulgildi, því öðrumegin verða punktar hvítir og hinumegin svartir. Hægt er að velja þröskulgildi annaðhvort handvirkt eða sjálfvirkt, og þó nokkrar aðferðir eru til við sjálfvirka valið. Þegar tvífasa myndin er orðin til er hægt að vinna hana meira til með það að markmiði að auðvelda gagnavinnslu úr henni eða nota hana óbreytta við gagnaöflun.

Mögulegar myndgreiningaraðferðir við lofttalningu

Borðskanni

Ein af mögulegum aðferðum er að nota borðskanna við myndatöku á sýni sem hefur hlotið einhverskonar yfirborðsmeðhöndlun áður en myndir eru teknar. Sýnin sem eru notuð eru u.þ.b. 100 x 100 mm með slípuðu yfirborði. Ein heimild⁹ lýsir yfirborðsmeðhöndlun sem snýst um að bleyta upp slípaða flötinn í bláu bleki sem skilar litaðri sementsefju en fylliefnin eru að mikluleiti ólituð. Eftir bleklitun er hvítt sinkkrem dregið yfir flötinn og ofaní loftbólurnar, og að því loknu er sýnið myndað og myndgreining fer fram.

Önnur heimild¹⁰ lýsir svipaðri aðferð, en með viðbótar milliskrefi og myndatöku, en þetta skref felur í sér notkun á litvaka til að greina betur á milli efju og fylliefna. Þessu skrefi er betur lýst síðar, þar sem það er notað í þessu verkefni.

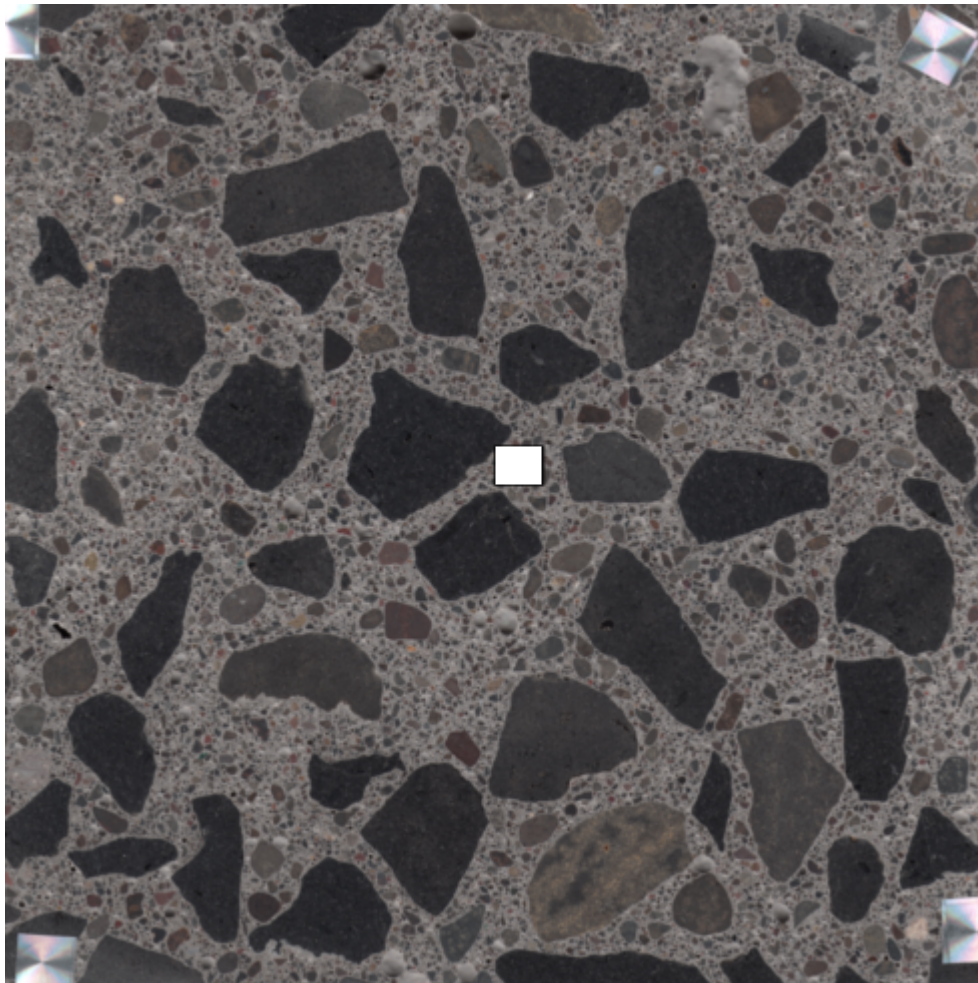
Víðsjá og vélstýrt borð

Önnur aðferð¹¹ byggir á svipuðum sýna undirbúningi, en efjan er ekki lituð þó að hvítur litur sé notaður til að skerpa loftbólurnar. Í stað borðskanna er tækjabúnaður byggður á því að nota víðsjá áfram líkt og prófunarstaðlarnir fjalla um, að viðbættu vélstýrðu borð undir sýni og sjálfvirkum fókus sem er nauðsynlegur. Í stuttu máli snýst aðferðin um að greina loftbólur í fjölda af myndum sem tekin eru af sýninu, þvermál loftbólanna mæld og stærðardreifing þeirra ákvörðuð. Til að ná nægri stærðardreifingu á loftbólurnar þarf að taka myndir í tveimur stækkunum. Sú fyrri er 100x stækkun þar sem loftbólur með þvermál milli 10 og 300 μm eru mældar á 400 myndum. Seinni stækkunin er 25x, og þar eru loftbólur frá 300 μm til 1 mm þvermál mældar á 50 myndum. Báðar myndaseriurnar eru teknar jafndreift yfir sama 75 cm² svæðið. Nokkur vandamál koma upp við myndgreiningu á þessum myndum, en þau eru meðal annars að sú að ákveða þarf hve langt frá því að vera fullkomlega hringlaga loftbólupversnið má vera til að teljast sem loftbóla og að loftbólur sem skera útbrúnir mynda er ekki hægt að meta, en mögulegt er að nota leiðréttingarstuðla við útreikninga. En að öðru leiti er að einhverju hægt að fara eftir línu aðferðum prófunarstaðlanna við úrvinnslu.

Aðferð þessa verkefnis

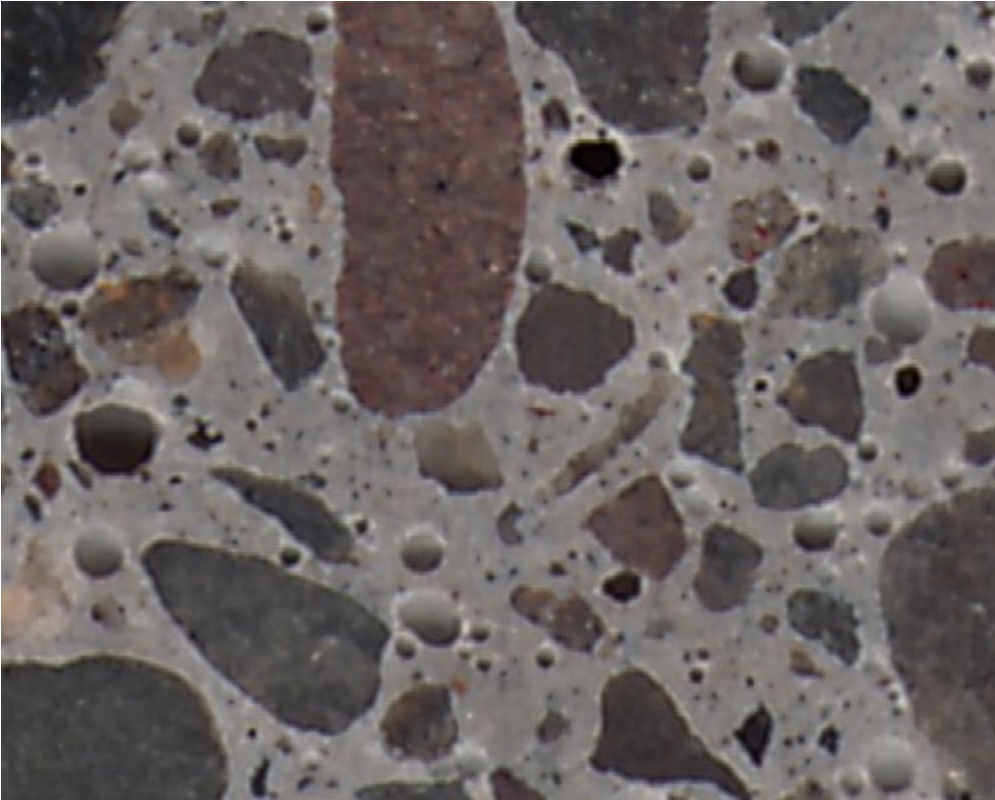
Aðferðin sem er notuð í þessu verkefni byggir á því að nota punkt talningar aðferðina úr ASTM C 457, sérstakleg vegna þess að hún er mest notaða aðferðin á Íslandi. En hún felur í sér þrjú skref við myndatöku á borðskanna, þ.e.a.s. þrjár myndir eru skannaðar, þær unnar, sameinaðar og að lokum eru gögnin dregin út úr sameinuðum myndum. Skönnunin fór fram á Canon LiDE 210 borðskanna með 1200 dpi (punktar á tommu) upplausn, með viðbótar stækkun urðu myndir af 100x100mm sýnum u.þ.b. 9500x9500 punktar að stærð (1 punktur 0,0106 mm á hlið).

Fyrst eru litlir ferningar úr plasti límdir á öll fjögur horn sneiðarinnar, en þeim er ætlað að halda sýninu frá gleri skannans til að minnka líkur á rispum og einnig til að samræma hnitsetningu myndanna. Svo er fyrsta myndin skönnuð af slípuðu yfirborði sýnisins, án nokkurrar yfirborðsmeðhöndlunar (mynd 2 og 3).



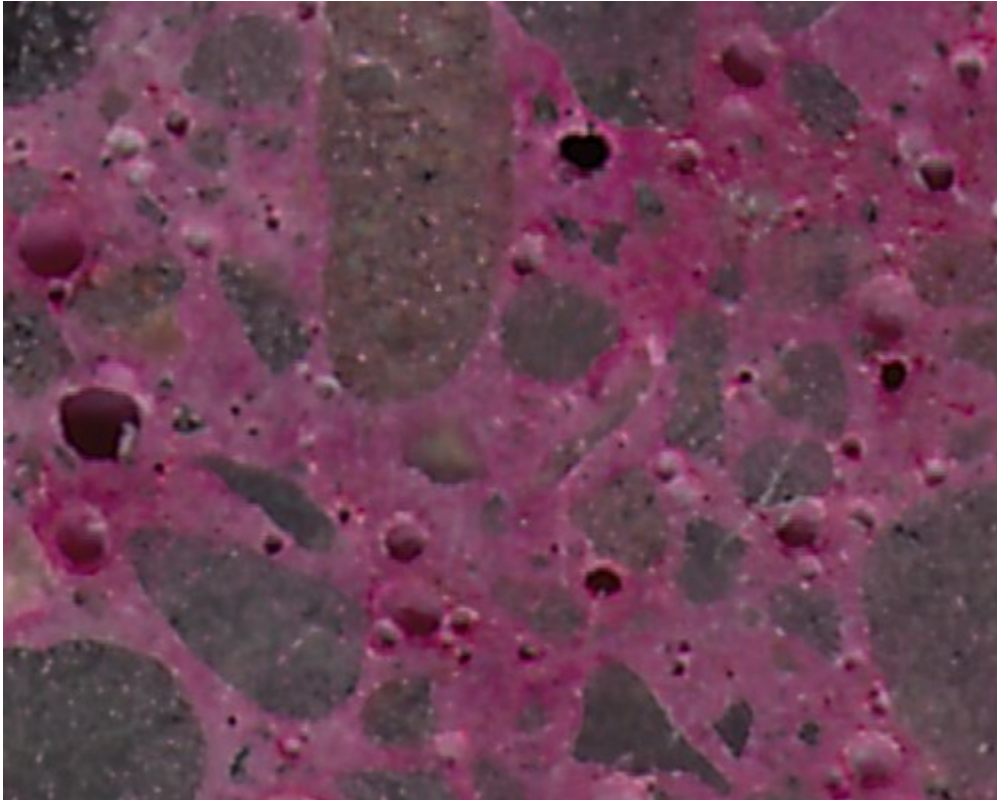
Mynd 2: Skönnun á slípuðu og ómeðhöndluðu sýni (nr1). Stærð myndar 103,9 x 103,9 mm (9800 x 9800 punktar).

Mynd 2 er 20x smækkuð og sýnir alla sneiðina eins og er unnið með hana, nema hvað inni hana miðja vantar lítinn reit, en innihald hans birtist hér í framhaldinu þegar farið er lengra í myndvinnsluna, og sá hluti sem tekinn var úr þessari mynd er sjáanlegur á mynd 3.



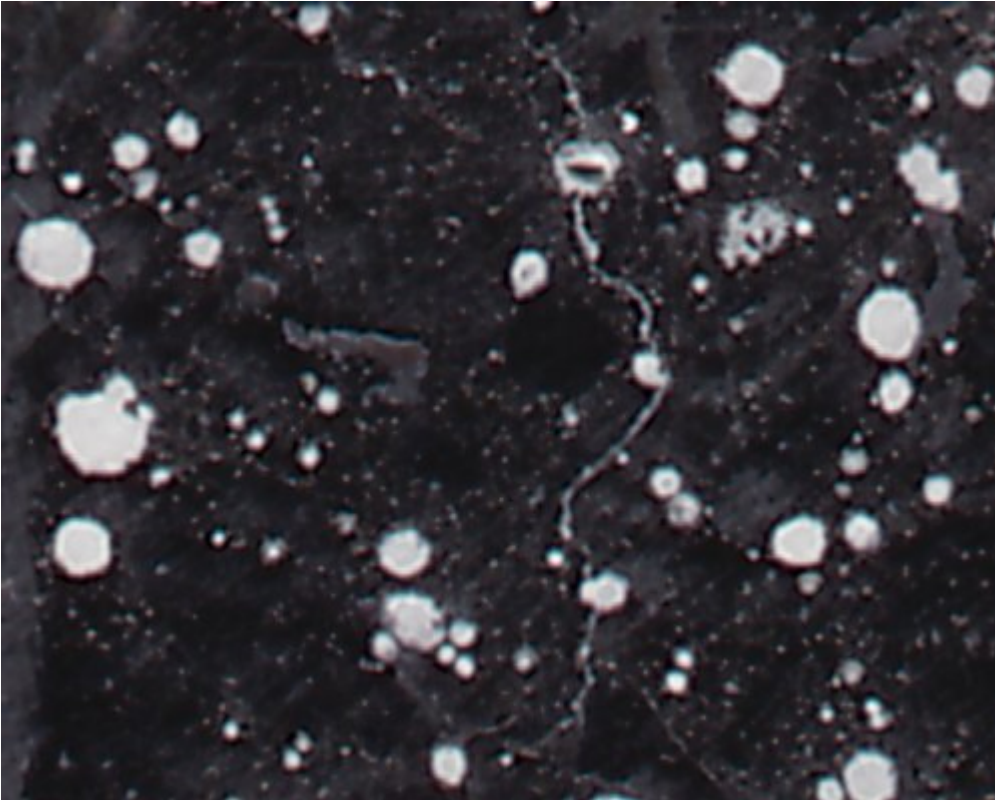
Mynd 3: Skönnun á slípuðu og ómeðhöndluðu sýni (nr1). Stærð myndar 5,30 x 4,24mm (500 x 400 punktar).

Því næst er yfirborð sneiðarinnar meðhöndlað með litvísi (0,5 % phenolphtalein lausn) sem er þeim eiginleikum gæddur að í snertingu við basísk efni verður efnavakinn bleikur. En þar sem sementsefjan er mjög basísk, litar litvísirinn efjuna skær bleika en fylliefnin halda sýnum lit. Þá er sneiðin skönnuð í annað sinn (mynd 4).



Mynd 4: Skönnun á sýni (nr1) eftir notkun litvaka. Stærð myndar 5,30x4,24mm (500x400 punktar).

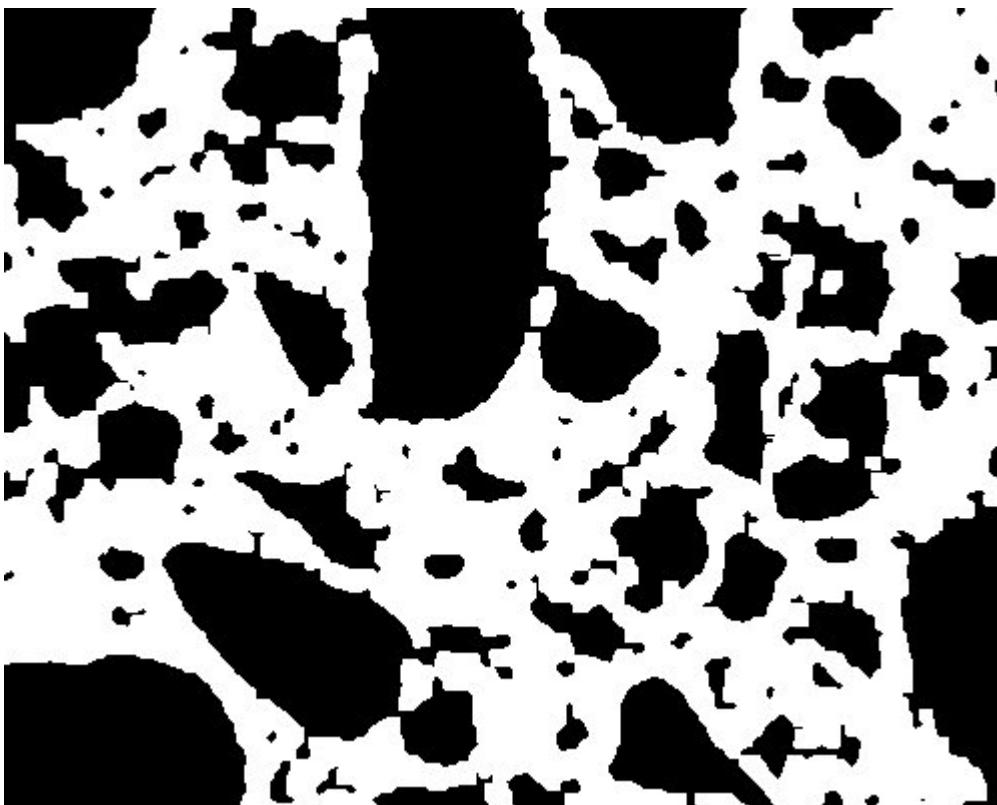
Að lokum er yfirborð sneiðarinnar litað svart með breiðum tússpenna í tveimur umferðum, einni í N-S og annarri í A-V. Að því loknu er hvít dufti (wollastonite) dregið yfir sneiðina og allar loftbólur, bæði í efju og fylliefnum, fylltar með duftinu. Svo er rennt yfir yfirborðið með fingurgómum þar til duftið situr aðeins eftir í loftbólum og endað á þriðju skönnun (mynd 5).



Mynd 5: Skönnun á sýni (nr1)eftir loka meðhöndlun. Stærð myndar 5,30x4,24mm (500x400 punktar).

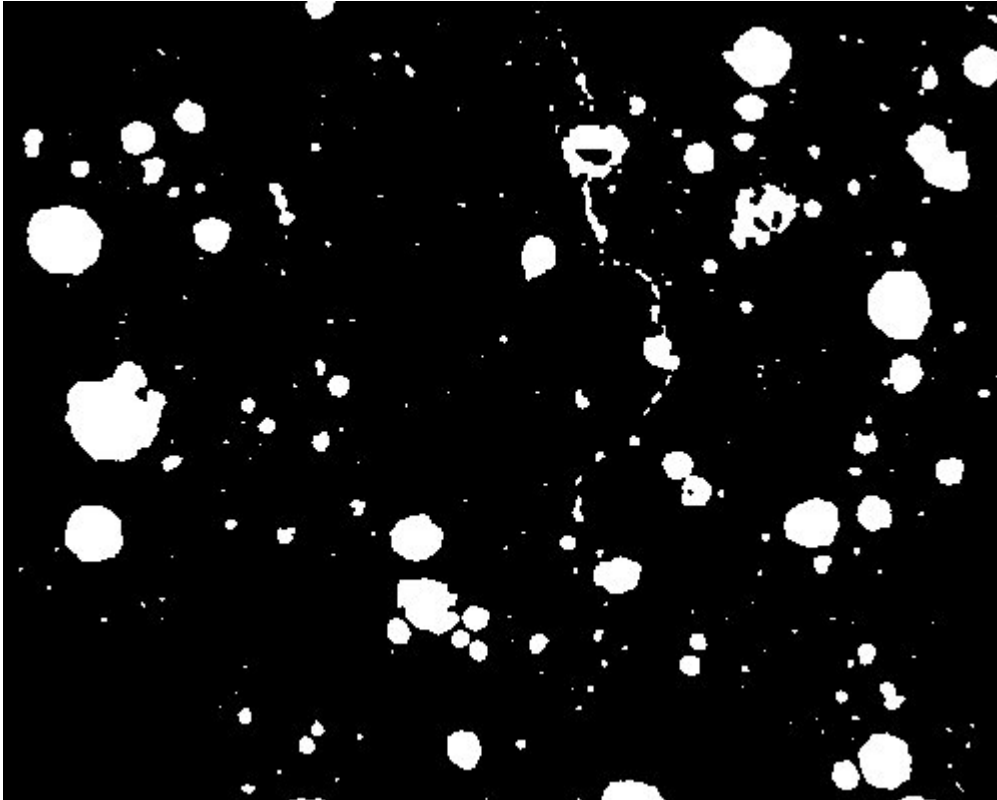
Þegar þarna er komið eru orðnar til þrjár myndir af hverri sneiði, ein ómeðhöndluð, ein með bleiklitaðri efju og ein svart/hvít (fylliefni/loft) mynd. Myndirnar eru stilltar saman þannig að þær standist á í hnitasetningu sem og að þær eru settar í sömu stærð.

Einn helsti vandinn við að gera sjálfvirka greiningu á loftinnihaldi í íslenskri steinsteypu er hve misopin fylliefnin eru, því þó að það sé mjög einfalt fyrir manneskju að sjá mun á loftbólum í steypu eða loftbólum í fylliefni er ekki nærri því eins auðvelt að lýsa því þannig að tölva geti greint þann mun. Því er það ástæðan fyrir myndunum sem eru teknar af sneiðinni ómeðhöndlaðri og með litvakanum, en þær eru helst til þess ætlaðar að greina á milli fylliefnafasans annarsvegar (þar með talið loftið í fylliefninu), og svo efju og loft hluta steypunnar hinsvegar. Þ.e.a.s. gera eina mynd úr þeim tveimur sem er tvífasa og svart hlutinn er fylliefni og hvít hlutinn er annaðhvort efja eða loft. Því með að skilja á milli efju/lofts og fylliefna er hægt að nota þá mynd þegar kemur að því að skoða myndina með svartlituðu yfirborði þar sem öll holrými hafa svo verið lituð hvít (mynd 6).



Mynd 6: Fullunnin tvífasamynd samsett úr mynd 3 og 4. Stærð myndar 5,30x4,24mm (500x400 punktar).

Minni vandi er vinnslan sem fer fram á myndinni af svartlituðu sneiðinni með hvítu fyllingunni, þar sem myndin er nánast orðin fulltvíþátta, er aðeins um að ræða smávægilega hreinsun á myndinni, og breytingin því ekki mjög mikil (mynd 7), þó ber að nefna ein síu sem fjarlægir hluti sem eru ekki hringlaga úr myndum, en þeirri síu hefur ekki verið enn beitt þegar mynd 7 er tekin, eins og sést á sprungunni sem er sýnileg í gegnum miðja mynd.



Mynd 7: Fullunnin tvífasamynd með loft einangrað úr mynd 5. Stærð myndar 5,30x4,24mm (500x400 punktar).

Það sem eftir stendur nú til að geta náð út upplýsingum er að vinna saman með tvífasa myndirnar tvær, þ.e.a.s. nota myndina þar sem fylliefni eru svört annarsvegar og efjan og loftið í henni hinsvegar eru hvít, í sameiningu með myndinni þar sem fylliefni og efjan eru svört og loft, hvort sem er í efju eða fylliefni, er hvítt. Með því að samkeyra þessar tvær myndir er hægt að útiloka loftið í fylliefnunum úr loftbólumyndinni þannig að aðeins er um að ræða loftbólur í efju, og þá loks er hægt að byrja að draga gögn úr myndunum.

Það er gert með að herma eftir punkttalningaraðferðinni út ASTM C457 og á þann máta að í stað þess að greina einn punkt í einu, er búin til mynd sem er jafnstór og upphaflegu myndirnar þar sem teiknaðar eru 41 lína með jöfnu millibili lóðrétt og lárétt. Þar sem línurnar skerast er skilgreindur og skilinn eftir punktur (1681 punktur í heild) og þessi punktamynd er lögð yfir myndina þar sem loftbólur í efju eru einangraðar, og þeir punktar sem lenda í loftbólum skráðir. Sama er gert fyrir myndina sem greinir milli fylliefna og efju, og þeir sem lenda í efjunni skráðir að frádregnum punktum sem lenda í lofti. Þá er búið að telja þrjú af fjórum atriðum sem þarf skv. ASTM C457, þ.e. fjöldi stopppunkta, fjöldi loftbóla, og taldir efju punktar. Eftir stendur að telja hve margar loftbólur eru skornar af talningarlínunum. Þetta er gert á svipaðan máta, búin er til ný mynd af sömu stærð og upphaflegu og teiknaðar upp á hana 41 lárétt lína sem liggur gegnum sömu línur og punktarnir. Þessi línumynd er svo lögð yfir loftbólumyndina og fjöldi strika sem verða eftir er sá fjöldi loftbóla sem línurnar skera.

Niðurstöður

Þessi myndvinnsla sem lýst er hér á undan var unnin samhliða á sýnum nr. 1 og 2. Reynt var að nálgast niðurstöður á þeim báðum að handtalningunni sem hafði áður farið fram, og haldið var áfram þar til ásættanleg nálgun náðist. Í þessum sjálfvirkum talningum, var ekki horft á gildi fjarlægðarstuðuls eða einkennandi yfirborð. Bæði sýnin höfðu áður verið talin með 6 % lofti, og þegar niðurstaða var komin sem þótti ásættanleg. En það var annarsvegar 6,7 % í sýni nr. 1 og 5,3 % í sýni nr. 2 hinsvegar, og þá var ákveðið að nota þá myndvinnsluáðferð. Þar sem báðar niðurstöður eru um 11,7 % frá handtalningu var ákveðið að nota þessa áðferð. Sér í lagi þegar haft er í huga á t.d. í rannsókn K. Peterson¹⁰ er talað um að staðalfrávik frá meðaltali milli áðferða sé um 20 % virtist þessi munur vera ásættanlegur. Þá var áðferðin notuð á allar þrjár sneiðarnar, og tvær mælingar gerðar á hverri sneið, í seinni mælingunni var punkturnum hnikað um u.þ.b. 1 mm upp og til vinstri og sambærilegt var gert fyrir línurnar. Í töflu 1 má sjá niðurstöður mælinganna.

Tafla 1. Niðurstöður handtalninga og sjálfvirkra talninga á heildarlofti, einkennandi yfirborði og fjarlægðarstuðli.

	Heildar- loft [%]	Einkennandi yfirborð [mm ⁻¹]	Fjarlægðar- stuðull [mm]
Sýni nr 1			
Handtaln.	6,0	18,9	0,22
Sjálfvirk 1	6,7	23,2	0,18
Sjálfvirk 2	6,0	25,4	0,18
Sýni nr 2			
Handtaln.	6,0	19,1	0,24
Sjálfvirk 1	5,3	24,0	0,21
Sjálfvirk 2	4,9	28,1	0,18
Sýni nr 3			
Handtaln.	8,4	25,0	0,10
Sjálfvirk 1	9,6	29,1	0,05
Sjálfvirk 2	10,4	27,2	0,05

Þegar er horft á heildarloftið er munurinn á sýni nr.1 alls ekki svo mikill á milli handvirkrar og sjálfvirkra talninga, en eykst fyrir sýni nr.2 og er orðinn þónokkur fyrir sýni nr. 3. Einnig má horfa á niðurstöður á fjarlægðarstuðli sem er talað um að eigi ekki að vera stærri en 0,20 – 0,25 mm til að þola frostáraun. En skv. ASTM C 457³ er staðalfrávik á mælingum á sama sýni u.þ.b. 20 % af mældu gildi á milli rannsóknarstofa, hér fer hann yfir þau gildi en þó alltaf lækkar hann, sem gefur til kynna betri mótstöðu við frostþíðu áraun, ef mælingin er

áreiðanleg. Ekki voru gerðar frostpolsprófanir á þessum þremur steypum, en það væri ráð í áframhaldi að vinna með sýni sem hafa eða verða sett í frostpolsprófun. Svipað er að segja um niðurstöðurnar fyrir einkennandi yfirborðið, en sú tala er eins og kom fram í byrjun minnst mikilvæg af þessum þremur, öfugt við fjarlægðarstuðullin þá hækkar tölugildi einkennandi yfirborðsins alltaf í sjálfvirku talningunum óháð því hvort loftið mælist meira eða minna.

Enn er eitthvað í land að það sé hægt að fara beint í að nota sjálfvirkar aðferðir, en hafa þarf í huga að handvirka talningin sem borði var saman við var einungis ein mæling, og eins og er fjallað um í niðurlagi ASTM C457 er munur milli talninga á sama sýni talsverður, því væru sneiðar sem hefðu verið taldar oft og af mörgum æskilegustu sýnin, en það er sjaldnast raunhæft.

Áframhald

Þær niðurstöður sem þessi aðferð skilað í þessu litla verkefni telur höfundur það efnilegar að nauðsynlegt sé að halda áfram með að þróa þessa aðferð, og þá sérstaklega að taka tillit til þess hversu mikill munur getur verið á niðurstöðum á talningu á sama sýni af mismunandi einstaklingum og aðferðum. Óformlega hefur verið rætt við þá tvo aðra aðila sem ásamt Mannviti framkvæma handvirkar talningar um einhverskonar samtarf og samtalningar í áframhaldandi vinnu við sjálfvirkar talningar, og hefur verið tekið vel í þær hugmyndir. Áframhaldandi vinna er því einungis háð því að tími og peningar fái til að gera viðameiri rannsókn og vinna fleiri sýni til að nálgast myndvinnsluáðferðafræðina svo að allir sem koma að svona talningum geti sæst á að niðurstöður úr sjálfvirkum talningum séu orðnar jafngildar handvirkum talningum.



Heimildir

¹ T. C. Powers. Void Spacing as a Basis for Producing Air-Entraining Concrete. *Journal of the American Concrete Institute* V. 25, No. 9, May (1954) 741–760.

² ÍST EN 12350-7:2009. Testing fresh concrete - Part 7: Air content - Pressure methods.

³ ASTM C 457. Standard test method for microscopical determination of parameters of the air-void system in hardened concrete. ASTM International, West Conshohocken, PA.

⁴ ÍST EN 480-11:2005. Admixtures for concrete, mortar and grout – Test methods – Part 11: Determination of void characteristics in hardened concrete.

⁵ P. Klieger, J.F. Lamond. *Significance of tests and properties of concrete and concrete-making materials*. ASTM STP 169C. American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA.

⁶ Pigeon M., Pleau R. *Durability of concrete in cold climates*. Taylor & Francis, (1995).

⁷ Neville, A. M. *Properties of Concrete*. Education Limited, Essex (1995).

⁸ <http://rsb.info.nih.gov/ij>

⁹ D. Zalocka, J. Kasperkiewicz, Estimation of the structure of air entrained concrete using a flatbed scanner. *Cement and Concrete Research* 35 (2005) 2041-2046.

¹⁰ K. Peterson, Automated air-void system characterization of hardened concrete: Helping computers to count air-voids like people count air-voids – Methods for flatbed scanner calibration. Ph.D. Thesis, Michigan Technological University, (2008).

¹¹ R. Pleau, M. Pigeon, J. Laurencot. Some findings on the usefulness of image analysis for determining the characteristics of the air-void system on hardened concrete. *Cement and Concrete Composites* 23 (2001) 237-246.

