

HVAÐA ÁHRIF HEFUR LOFTÍBLÖNDUN Á EIGINLEIKA STEINSTEYPU?

Loftíblöndun hefur mikil áhrif á eiginleika steinsteypu. Til þess að geta ráðlagt viðskiptavinum okkar betur varðandi loftíblöndun í steinsteypu hefur það verið rannsakað á rannsóknarstofu Aalborg Portland hvaða áhrif ólíkir þættir hafa á magn og tegund viðbættis lofts.

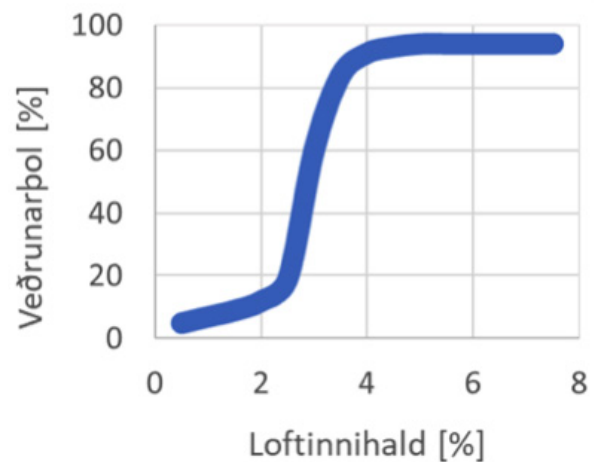
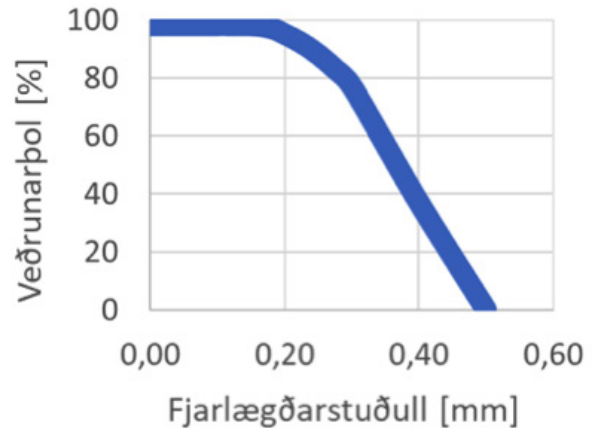
Ýmsar ástæður eru fyrir loftíblöndun í steinsteypu, þ. á m.:

- Kröfur um veðrunarþol
- Bættur vinnanleiki
- Aukinn innri stöðuguleiki og þar með mótstaða gegn aðskilnaði í m.a. flotsteypu
- Til þess að gera steypuna ódýrari

Loft í steinsteypu getur annars vegar verið náttúrulegt loft og hins vegar viðbætt loft.

- Náttúrulegt loft: Það loft sem er í steypunni þegar hún hefur verið blönduð án viðbættra kemískra efna. Náttúrulegt loft er yfirleitt um 1-1,5% af steypunni.
- Viðbætt loft: Loft sem bætt er við steypuna með loftblendi, umfram það loft sem fyrir er. Oft er miðað við að samanlagt loftinnihald steypu sé 6-7%.

Mynd 1: Myndræn framsetning á þýðingu loftmagns annars vegar og fjarlægðarstuðuls hins vegar í steypu, fyrir veðrunarþol steypunnar, [2] og [3].



Loftblendi myndar ekki loft í steypunni, heldur kemur jafnvægi á og festir það loft sem lokast inni við blöndun steypunnar, sem að öðrum kosti hefði losnað úr henni.

Kveðið er á um viðnám steypu gegn niðurbroti vegna frosts/þíðu í dönskum viðauka við steypustaðalinn „DS/EN 206 DK

steypustaðalinn „DS/EN 206 DK NA:2018“ (áður DS2426), og eins og sést í Töflu 1 er það sett fram samkvæmt loftmagni steypunnar og svokölluðum fjarlægðarstuðli. Fjarlægðarstuðull er eins konar mælikvarði á meðalfjarlægð á milli tveggja loftbóla í steypunni.

Áhrif loftmagns og fjarlægðarstuðuls á frostþol steypu eru sett fram á myndrænan hátt á mynd 1, sem byggð er á rannsóknarniðurstöðum sem upphaflega eru frá 7. áratug 20. aldar, [2] og [3]. Eins og sjá má byggjast kröfurnar í Danmörku á skynsamlegum grunni og reynslan sýnir að niðurbrot vegna áraunar af frosti/þíðu er sjaldgæft ef kröfurnar eru uppfylltar.

	XF1	XF2	XF3	XF4
Umhverfisflokkar	XF1	XF2	XF3	XF4
Lágmarks loftinnihald	4,5%	4,5%	4,5%	4,5%
Mesti fjarlægðarstuðull	-	0,20 mm	0,20 mm	0,20 mm

Tafla 1: Kröfur um loftmagn og fjarlægðarstuðul fyrir mismunandi umhverfisflokkka, skv. „DS/EN 206 KD NA: 2018“ (danskt þjóðarskjal við EN 206).

Loftblendi

Loftblendi samanstendur af lífrænum samböndum sem annars vegar eru vatnsfælin og hins vegar vatnssækin. Verkun loftblendis felst í meginatriðum í því að það:

- Dregur úr yfirborðsspennu vatns og kemur jafnvægi á loftbólur í steypunni
- Bætir lofti í steypuna í blöndunarferlinu
- Sest á milli loftsins og vatnsins og myndar sambönd á milli sementskorna, loftbólna og íblöndunarefna, sem gera steypublönduna stöðugri.

Verkun loftblendis er lýst með ítarlegum hætti í [1].

Mismunandi loftmagn

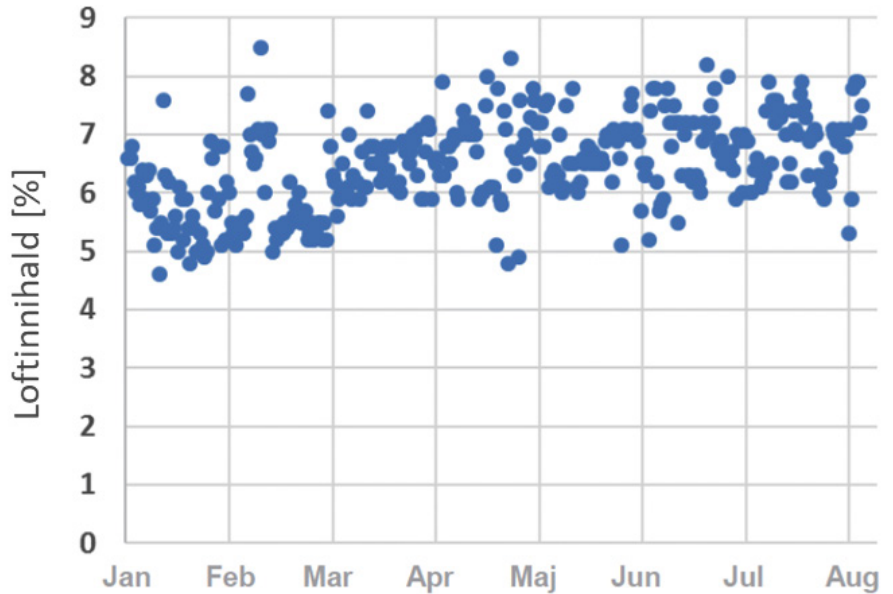
Loftmagnið í steypu sem blönduð er í steypustöð getur verið breytilegt innan ákveðinna marka, rétt eins og aðrar breytur steypunnar. Á mynd 2 má sjá mælt loftmagn yfir sjö mánaða tímabil í C35/45 steypu sem blönduð var í steypustöð í Danmörku. Fleiri þættir sem tengjast framleiðslu og samsetningu steypunnar hafa áhrif á þennan breytileika, svo sem:

Blöndun steypunnar:

- Tegund hrærivélar: Fríttfalls, þvingunar, dobbeltaksler.
- Stærð lögunar: Stór lögung -> minna loft
- Viðhald hrærivélar: Slitnir spaðar -> minna loft
- Blöndunarhraði: Meiri -> meira loft
- Blöndunartími: Lengur -> meira loft

Samsetning steypu:

- Vatns-/sements-hlutfall
- Vinnanleiki
- Hitastig
- Kornakúrfa
- **Hlutarefni:**
 - Sandur, steinn, vatn, sement, íblöndunarefni.



Mynd 2: Mælt loftmagn yfir sjö mánaða skeið í C35/45 steypu sem blönduð var í steypustöð í Danmörku.

Hér á eftir má sjá niðurstöður rannsókna á áhrifum eftirfarandi þátta á loftmagn í ólíkum gerðum af steypu: Vinnanleiki, hitastig sements og steypu, kol í svifösku, fínefni í sandi og blöndunaraðferðir.

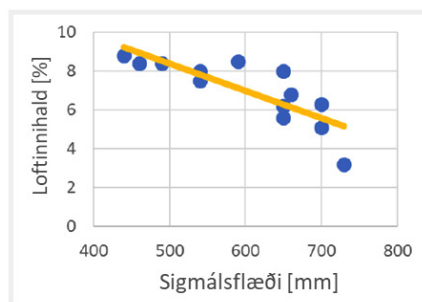
Vinnanleiki steypunnar

Loftmagnið breytist við breytingu á vinnanleika steypunnar án þess að frekara loftblendi sé bætt við: Aukinn vinnanleiki, t.d. herra sigmál, skilar að öðru óbreyttu minna lofti, og öfugt. Á mynd 3 má sjá samband á milli sigmáls og loftmagns í sjálfútleggjandi steypu.

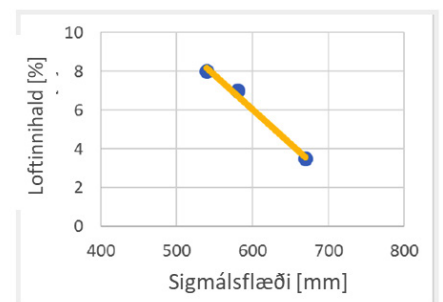
- Aukið flotefni: 100 mm herra sigmál skilar 1,4% minna lofti
- Aukið vatn: 100 mm herra sigmál skilar 3,3% minna lofti

Reynslan sýnir einnig að mjög fljótandi steypa, t.d. þegar steypan skilur sig, inniheldur lítið loft samanborið við þéttari blöndu af sömu steypu. Segja má að steypan hafi losnað við loftið þegar lyftikraftur loftbólanna varð of mikill miðað við þau sambönd sem loftblendid myndar við sementið og íblöndunarefni.

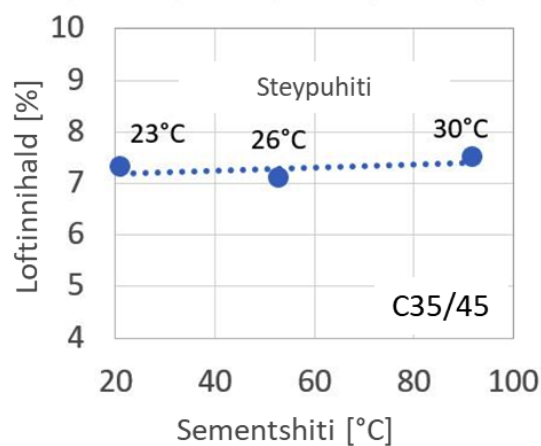
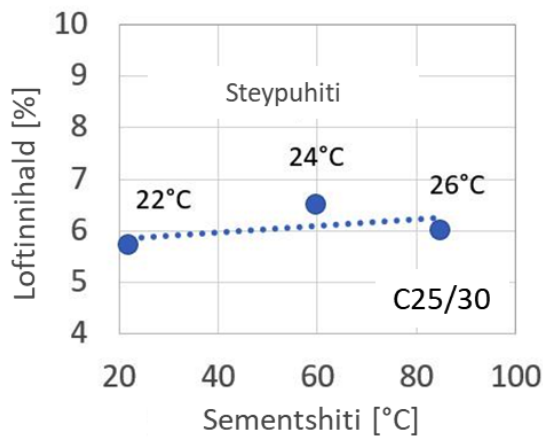
Stilling flæði með flotefni



Stilling flæði með vatn



Mynd 3: Áhrif vinnanleika á loftmagn í steypu. Vinnanleiki stilltur af annars vegar með flotefni og hins vegar vatni.



Mynd 4: Áhrif hitastigs sements og steypu á loftmagn eftir blöndun tveggja gerða af steypu, annars vegar C25/30 og hins vegar C35/45.

Hitastig sements og steypu

Hitastig hlutaefna, þ. á m. sementsins, er það sem ákvarðar hitastig steypunnar, sjá nánar í [4].

Á mynd 4 má sjá niðurstöður mælinga á loftmagni í annars vegar C25/30-steypu og hins vegar C35/45-steypu, þar sem hitastig steypunnar breytist með því að nota sement með mismunandi hitastigi. Eins og sjá má breytist loftmagn steypunnar ekki markvert miðað við eðlilegt hitastig á sementi og steypu.

Fínefni í sandi

Til þess að rannsaka áhrif fylliefnamagns á floteiginleika og loftmagn var „framleiddur“ sandur á rannsóknarstofunni sem skipt var niður í nokkra hluta og í kjölfarið settur saman aftur með þekktu fínefnamagni (korn innan við 0,25 mm að stærð):

- 7% fínefni (lítið fínefnamagn)
- 17% fínefni (eðlilegt fínefnamagn)
- 27% fínefni (mikið fínefnamagn)

Sandurinn var rannsakaður í sjálfútleggjandi C25/30 steypu með sigmál og loftmagn í samræmi við mynd 5:

- 10% meira fínefni í sandinum eykur loftmagnið með u.þ.b. 0,4%.

Það þýðir að það þarf að vera tiltölulega mikill munur á

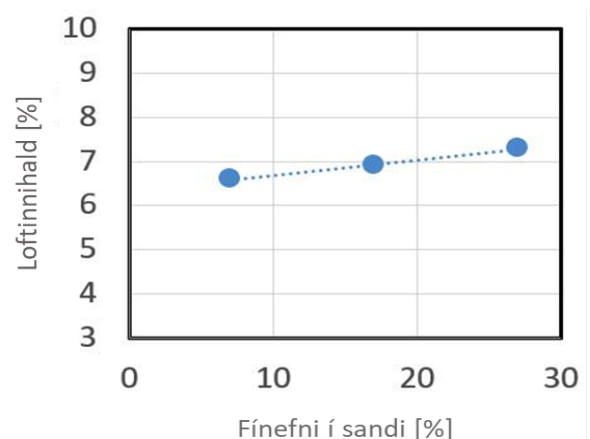
fínefnamagninu í sandinum til þess að það hafi áhrif á loftmagn steypunnar, en slíkt er sjaldgæft frá einu hlasi til annars.

Blöndunaraðferð

Til að rannsaka áhrif blöndunaraðferðarinnar á loftmagn steypunnar eru gerðar breytingar á því hvenær íblöndunarefnum, þ.m.t. loftblendi, er bætt við. Ekki fæst skýr mynd af áhrifunum ef íblöndunarefnum er bætt við 30–60 sekúndum eftir að vatni er bætt við, en draga má þá ályktun að:

- Blöndunaraðferðin hafi ákveðin áhrif á loftmagnið.

Mynd 5: Áhrif fínefnis í sandi á loftmagn steypu, [5].



Heimildir:

[1] Hewlett, Peter C. o.fl. „Lea's Chemistry of Cement and Concrete“, fjórða útgáfa, 2004. ISBN: 0750662565

[2] Neville, A. M., „Properties of Concrete“, 1995. ISBN 0-582-23070-5

[3] Cordon, W.A. and Merrill, D., „Requirements for Freezing and Thawing Durability for Concrete“, Proceedings, ASTM vol. 63, 1963.

[4] Jacob Thrysoe, „Betons temperatur efter blanding“, Dansk Beton, nr. 2. 2017

[5] Jacob Thrysoe og Lasse Frølich, „Indflydelse af filler i beton“, Dansk Beton, nr. 4. 2017.