

Vetrarsteypa

Þegar steyppt er að vetrarlagi þarf að íhuga vel við hvaða aðstæður steypnan mun harðna. Því lægra sem hitastigið er, því hægari eru efnahvörf á milli sements og vatns, og eiginleikar steypunnar þróast að sama skapi hægar.

Við 5°C tekur það t.a.m. 3,5 sinnum lengri tíma að ná tilteknum styrkleika en við 20°C, og 3,5 sinnum lengri tími líður þar til steypnan þolir frost. Að sama skapi líður því 3,5 sinnum lengri tími þar til hægt er að slá frá steypunni, og ef hún frýs áður en hún hefur náð frostþoli eyðileggst hún, óháð gæðum hennar.

Því er mikilvægt að hafa í huga hvenær steypnan sem lögð er niður verður frostþolin, hvernig styrkurinn þróast og til hvaða aðgerða þarf að grípa til þess að flýta fyrir þeirri þróun. Ein leið til þess er hitastigslíking, sem er góð aðferð til að skipuleggja vinnuna svo hörðnunin gangi sem best og til að sjá fyrir hugsanleg vandamál, áður en þau koma upp.

Frostþol

Til að forðast frostskemdir þarf nægilega mikill hluti af vatninu að vera bundinn þegar vötnun sementsins á sér stað til þess að loftþórur í sementsefjunni geti tekið við því vatni sem eftir er þegar það þenst út við frost, [1]. Loftþórurnar verða til vegna efnafræðilegrar rýrnunar í hörðunarferlinu.

Af því leiðir, sbr. [1], að hægt er að setja frostþol steypunnar fram í samhengi við hörðunarstig sementsins (HS.) – þann hluta sementsins sem á að hafa hvarfast:

$$HS. \geq 0,86 * v/s\text{-hlutfall}$$

Steypa með v/s-hlutfallið 0,55 myndi til dæmis vera frostþolin við hörðunarstig upp á 0,47, þ.e. þegar 47% sementsins hafa hvarfast. Tíminn sem það tekur að ná hörðunarstigi fer að sjálfsgöngu eftir hörðunarhitastiginu. Tafla 1 sýnir sambandið á milli v/s-hlutfalls og nauðsynlegs hörðunarstigs og þess tíma sem það tekur að ná frostþoli við annars vegar 5°C og hins vegar 20°C fyrir RAPID-sement.

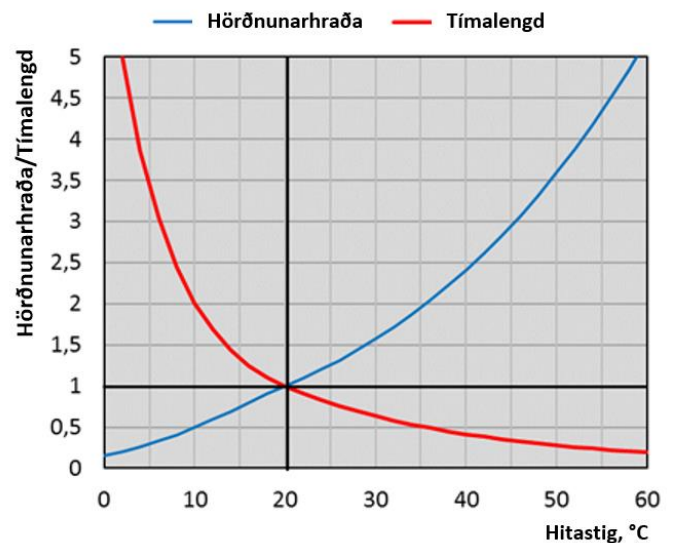
Vatns/semnts – hlutfall	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
Nauðsynlegt hörðunarstig	0,34	0,43	0,52	0,60	0,69
Nauðsynlegur hörðunartími í sólarhringum v. 20 °C	0,5	0,7	1,1	1,7	2,5
Nauðsynlegur hörðunartími í sólarhringum v. 5 °C	1,7	2,4	3,7	5,9	8,7

Tafla 1.

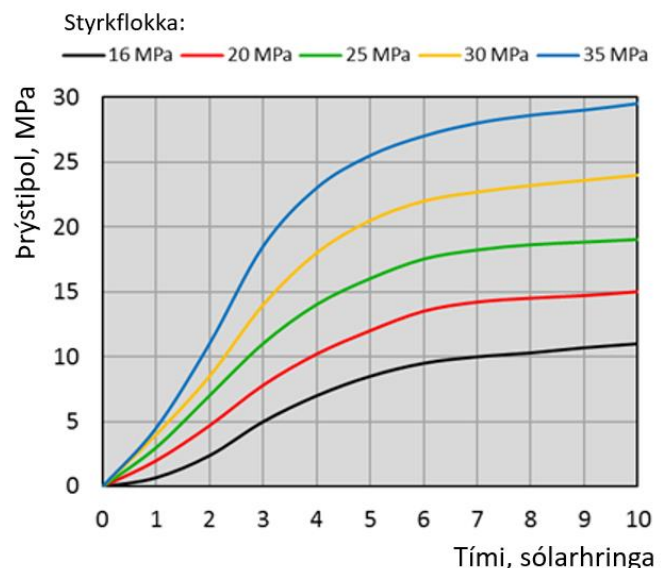
Heit og sterk steypa

Í raun eru aðeins tvær aðferðir til við að flýta fyrir hörðnun þegar steyppt er að vetrarlagi:

- Heit steypa** og einangrun byggingarluta. Á mynd 1 sést sambandið á milli hörðunarhraða og hitastigs steypunnar. Tíminn sem það tekur að ná tilteknum eiginleika er sýndur á myndinni sem margföldunarumhverfa hörðunarhraðans.
- Sterkari steypa.** Á mynd 2 má sjá dæmi um styrkukningu í steypðu gólfi þar sem notuð er steypa í mismunandi styrkleikaflokkum við sama hitastig.



Mynd 1. Áhrif hitastigs á hörðunarhraða og -tíma.



Mynd 2. Ætlaður þrýstistyrkur í 10 cm þykkri steyptri plötu á einangruðu undirlagi. Styrkukningin er sýnd fyrir styrkflokka 16, 20, 25, 30 og 35 MPa. Hitastig við steypulögn er 8°C og lofthiti er 0°C og gert er ráð fyrir yfirbreiðslu með einangrunarmottum sex tímum eftir lögn.

Klóríðlaus, hersluflýtandi efni hafa í raun aðeins lítil áhrif á styrk aukninguna. Þau eru einkum notuð til að auðvelda storknun með það í huga að flýta fyrir sléttun.

Þegar notuð er heit steypa að vetrarlagi er ávallt mikilvægt að hylja það sem verið er að steypa með viðeigandi einangrunarefni:

- Ef verið er að steypa þunna byggingarhluti er hætt á því að hitastig steypunnar lækki áður en sementið nær að byrja að harðna og þar með verður ávinningurinn af því að nota heita steypu enginn.
- Ef um massasteypu er að ræða dregur viðeigandi einangrun úr hættunni á sprungum.

Hitastigslíkan

Hægt er að líkja nokkuð nákvæmlega eftir ferli hitastigs í byggingu að því gefnu að hægt sé að stjórna eftirfarandi upphafsþreytum:

- Samsetningu steypunnar (v/s, magni og gerð sements, svifösku og kísilryki)
- Hitastigi við niðurlögn
- Stærðum, þversniði
- Mótaefnum
- Tímasetningu frásláttar
- Hitastigi og vindi

Með hitastigslíkingu er með miklu öryggi hægt að leggja mat á mörg vandamál sem tengjast steypu að vetrarlagi.

- Hvenær má slá frá steypunni, eða spenna vírana?
- Eru kröfur um úþornun uppfylltar?
- Hvenær þolir steypan frost?
- Á að nota upphitaða steypu?
- Er hætt á sprungum vegna hitaspennu?

- Myndi það hjálpa að einangra mótin eða hylja þau með einangrunarmottum – eða myndi það skapa önnur vandamál?

Hvað hörðunarferlið varðar er erfitt að byggja upp nothæfa reynslu, einkum vegna þess að það eru svo margar breytur að erfitt væri að taka tillit þeirra allra.

Það á ekki síst við þegar um massasteypu með stórum þversniðum er að ræða. Það er t.a.m. ekki óalgengt að menn kjósi að nota einangrunarmottur að vetrarlagi og hitastigið verði hærra en til stóð með tilheyrandi hættu á sprungum þegar slegið er frá. Í slíkum tilvikum hefði létt yfirbreiðsla, t.d. með 10 mm frauðplastmottum, ef til vill verið betri og ódýrari lausn. Með hitastigslíkingu er einfalt að breyta upphafsþreytum og gera útreikningana upp á nýtt.

Ýmis forrit til að hafa umsjón með hitastigslíkingu eru á markaðnum, s.s. „4C-Temp&Stress“ frá Tæknistofnun Danmerkur, „B4Cast“ frá ConTech Analysis ApS og „HACON“ frá Háskólanum í Lundi. Hjá Aalborg Portland hefur forritið TempSim verið þróað til að nota við hitastigslíkingu fyrir einföld steypuþversnið.

[1] P. Freiesleben Hansen, E. J. Pedersen, *Vinterstøbning af beton*, SBI-anvisning 125, 1982. Má nálgast á: <http://www.teknologisk.dk/vinterstoebning-af-beton/239>

Höfundur

Jacob Thrysoe
Tæknilegur ráðgjafi, M.Sc.
Aalborg Portland A/S, Industri
Netfang: jacob.thrysoe@aalborgportland.com