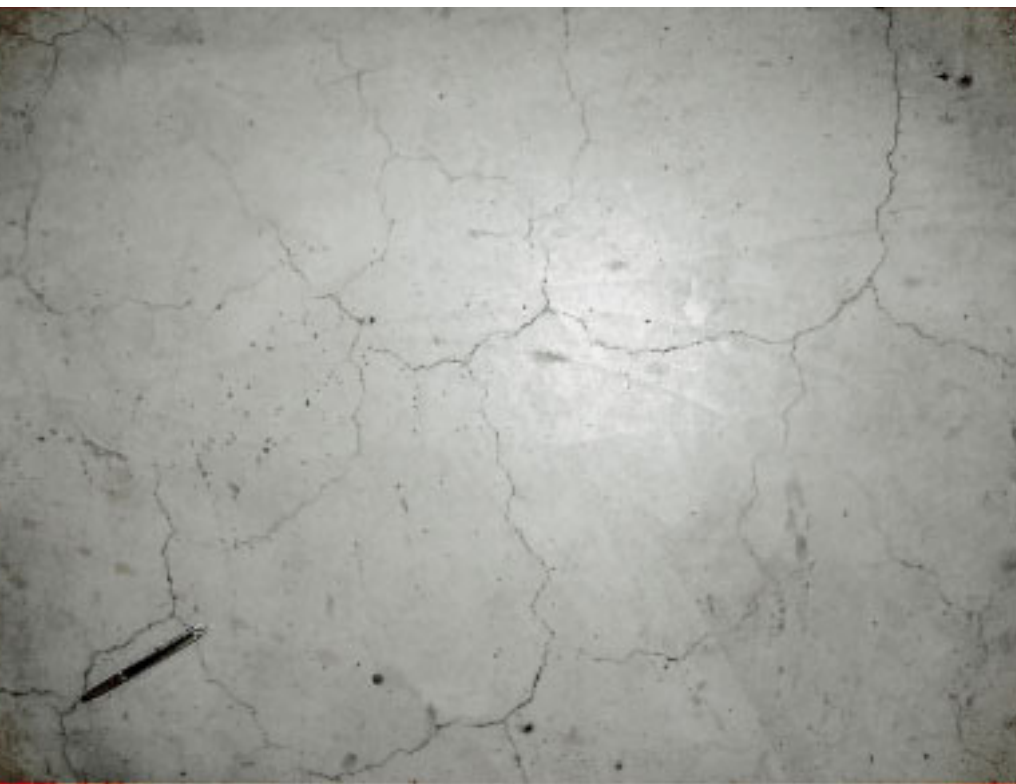


BETONILATTIOIDEN KUTISTUMAN JA HALKEILUN HALLINTA

Jasmiina Hietala, diplomi-insinööri



1 Halkeillut lattia aiheuttaa sekä esteettisiä että rakenteellisia haittoja

Betonilattioiden halkeilu on lattiakohteissa yleinen ongelma ja aiheuttaa paljon riitoja. Halkeilun syytä on usein vaikea arvioida, eikä syy ole läheskään aina yksiselitteinen.

Suurin ongelma lattioissa on rakenteiden huono suunnittelu, jolloin halkeilun estämiseen ei puututa riittävän aikaisin. Lattioiden laatua parannettaessa erilaisiin kutistumaa pienentäviin keinoihin tulee turvautua jo betonin suhteitusvaiheessa huomioiden myös tarvittavat muutokset raudoitukseen, työmenetelmiin sekä hyvät olosuhteet valulle.

Artikkeli perustuu Betoniyhdistyksen teettämään Jasmiina Hietalan diplomityöhön "Betonilattioiden kutistuman hallinta".

KUIVUMISKUTISTUMAN AIHEUTTAMA HALKEILU

Halkeamia voi syntyä betoniin jo heti valun jälkeen tuoreessa betonimassassa sekä myös myöhemmin kovettuneessa betonissa. Ennen kovettumista syntyvät halkeamat ovat lähinnä plastisia halkeamia tai ne johtuvat rakennusteknisistä ratkaisuksista, kuten muottien liikkumisesta. Betonin kovettumisen jälkeen taas halkeamia voi syntyä niin fysikaalisista

kuin kemiallisistakin syistä sekä lämmönvaihteluista tai rakenteellisista syistä.

Eräs useimmin havaituista halkeilun syistä on hallitsematon kutistuma rakenteessa, jota voitaisiin todellisuudessa helposti rajoittaa. Betonin kuivumiskutistumaa on mahdollista pienentää valitsemalla muun muassa betonin suhteitus, runkoaine, ympäristön suhteellinen kosteus ja rakenteen mitat harkiten.

Tärkein tekijä betonin kutistuman rajoittamiseen on sen vesimäärän pienentäminen. Betonissa käytetty vesimäärä vaikuttaa lähes suoraan kuivumiskutistumaan huolimatta betonissa käytetystä sementtimäärästä.

Betonissa käytetyn sementin alkali- ja trikalsiumalumiinaattipitoisuuksien (C_3A) kasvu lisäävät betonin kutistumaa. Betonin sisältämä sementtimäärä taas vaikuttaa betonin kutistumaan pastamäärän ja vesi-sementtisuhteen kautta. Pastan määrää rajoittamalla voidaan vaikuttaa hyvin paljon betonin kuivumiskutistumaan, koska kutistuminen on juuri sementtipastan ominaisuus. Vähennettäessä pastan määrää on kuitenkin huomioitava sen vaikutukset betonin työstettävyyteen.

Vesi-sementtisuhdetta ei voida suoraan käyttää kuivumiskutistuman arvioimiseen, sillä samalla vesi-sementtisuhteella voidaan saada erilainen kutistuma betonille. Mitä enemmän vettä betoni sisältää, sitä enemmän siinä on myös sementtiä ja sitä enemmän sillä on taipumusta kuivumiskutistumaan.

Runkoaineen määrää kasvattamalla saadaan sekä betonin kutistumaa pienennettyä että pastan määrää vähennettyä, mikä pienentää kutistumaa edelleen. Myös betonin vedentarpeeseen voidaan vaikuttaa runkoaineen avulla. Käyttämällä mahdollisimman suurta raekokoa ja jatkuvaa runkoainekäyrää betonin vedentarve saadaan pienemmäksi ja näin myös kutistumaa vähennettyä.

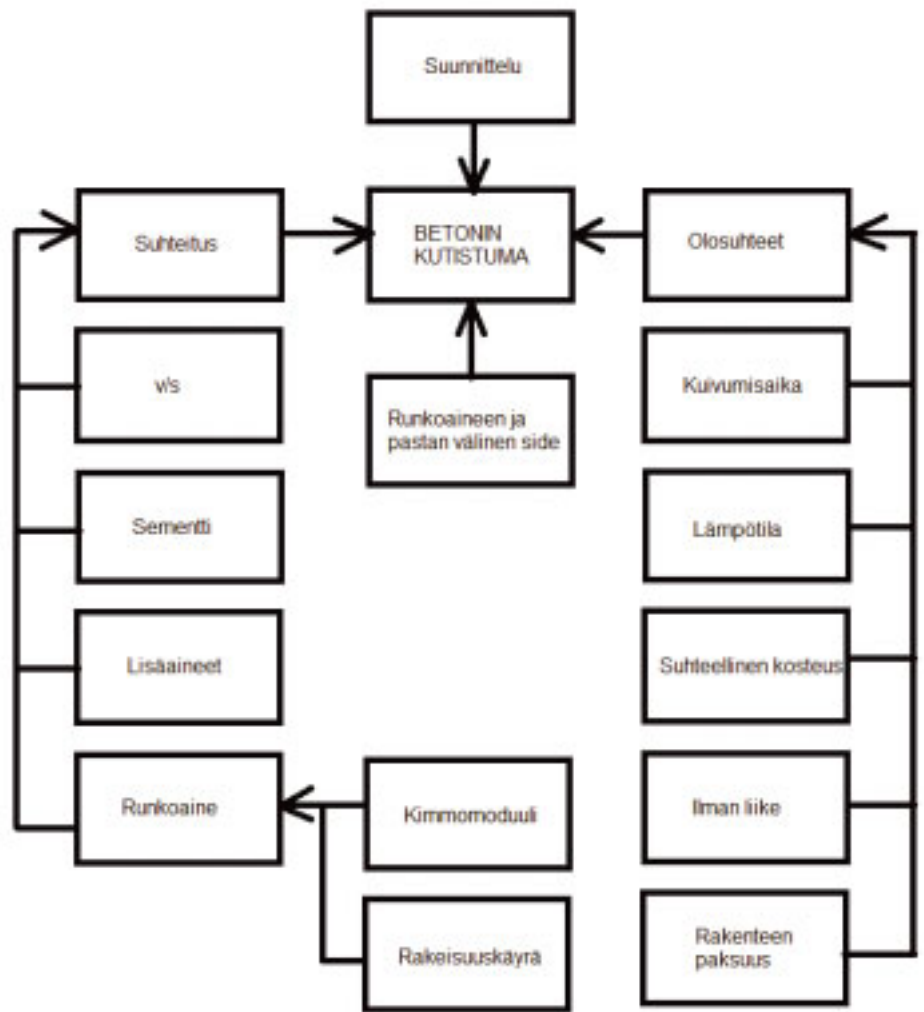
Jotta kiviaineksen rakeisuuskäyrä saataisiin mahdollisimman optimaaliseksi, tulisi betonissa käyttää useampia kiviainesfraktioita kuin nykyisessä tuoteteollisuudessa on totuttu. Jos kiviaineskäyrä saataisiin optimoitua käyttämällä useampia fraktioita, saavutettaisiin betonille usein myös hyvät kutistumaominaisuudet, kunhan sementin määrään kiinnitetään huomiota.

LISÄAINEIDEN VAIKUTUS

Tehonokistimet eivät näytä suurentavan tai pienentävän betonin kuivumiskutistumaa. Ne kuitenkin

Jasmiina Hietanen

1



2
Betonin kutistumaan vaikuttavat tekijät.

kin kasvattavat betonin sitoutumiskutistumaa. Koska notkistimet hidastavat betonin sitoutumista ja lujuudenkehitystä, jää sementille pidempi aika reagoida ja muodostaa hydrataatiotuotteitaan, mikä lisää autogeenista kutistumaa.

Pieni kuivumiskutistuma voidaan varmistaa betonille käyttämällä kutistumaa vähentäviä lisäaineita eli SRA-aineita. Ne vähentävät sekä kuivumiskutistumaa että autogeenista kutistumaa betonissa. Lisäaineiden käyttö vaikuttaisi pienentävän betonin kuivumiskutistumaa jopa noin puoleen. SRA-aineiden käyttö pienentää betonin halkeamapotentiaalia, hidastaa mahdollisten halkeamien syntyä ja pienentävän syntyviä halkeamaleveyksiä.

Halutessa kutistuman jäävän vähäiseksi (alle 0,6 mm/m) on tarkoituksenmukaista käyttää betonissa SRA-aineita. Yleensä myös täysin lisäaineeton betoni täyttää vähän kutistuvan betonin vaatimuksen lujuusluokassa K30, kunhan betonin sementti- ja vesimäärät pidetään järkeissä rajoissa.

Betonin halkeamaherkkyys korreloi melko hyvin vapaan kutistuman kanssa. Lattiabetoneissa tulisikin pyrkiä hyvän laadun takaamiseksi pitämään betonin lujuusluokka kohtuullisena. Suuremmilla lujuusluokilla betonin autogeeninen kutistuma ja plastisen kutistuman vaara kasvavat, mikä johtaa helposti pintahalkeiluun ja huonontaa betonilattian pinnan kestoa. Kuitenkin pienissä lujuusluokilla betonin vesi-sementtisuhte ja vesimäärä kasvavat, mikä kasvattaa kuivumiskutistumaa.

Betonivalun ja myös jälkihoidon aikana on tärkeää kiinnittää huomiota ympäristön suhteelliseen kosteuteen ja lämpötilan vaihteluihin. Kuivumiskutistuma kasvaa lähes lineaarisesti ilman suhteellisen kosteuden laskiessa. Kosteus vaikuttaa betonin kutistuman nopeuteen sekä sen saavuttamaan lopulliseen kutistumaan. Lämpötilan vaihtelut taas saavat betonin tilavuuden muuttamaan, mikä lisää rakenteen taipumusta halkeilla.

Lämpömuodonmuutoksissa halkeilua syntyy, jos betonin muodonmuutokset on estetty ja rakenteeseen syntyy lämpötilaerojen aiheuttamia jännityksiä. Jos betonin muodonmuutoksia ei rajoiteta, eivät lämpömuodonmuutokset ole ongelma.

Tärkeimmät tekijät betonin lämpömuodonmuutosten estämiseen ovat runkoaineen määrä ja laatu. Käytännössä mitä enemmän runkoainetta on käytetty, sitä vähemmän betoni laajenee lämmetessään. Lämpölaajenemiseen vaikuttavat myös betonin vesi-sementtisuhte, käytetty sideaine, suhteellinen kosteus ja betonin ikä.

KUTISTUMAN HALLINTA JA HALKEILUN RAJOITTAMINEN

Lattiabetonirakenteiden halkeilun välttämisen ja kutistuman hallinnan kannalta on erityisen tärkeää kiinnittää jatkossa enemmän huomiota työmaalle tilattavan betonimassan ominaisuuksiin. Betonin valintaan tärkeitä kriteerejä ovat muun muassa valettavan lattian rakenne, lattian pinnoitustarve, rakenteen kuivumisaika sekä tuotannolliset tekijät. Myös kemialliset rasitukset on otettava huomioon. Lisäksi kohteessa tulee arvioida mahdollisen halkeilun haitallisuutta.

Vähän kutistuva betonimassa on ideaalisilta ominaisuuksiltaan vähäsementtinen. Optimaalinen arvo sementille olisi noin 260–280 kg/m³ ja vedelle noin 170 l/m³. Näin saadaan kutistuva pastamäärä alhaiseksi. Sopiva työstettävyyden betonille saadaan tehonotkistimella, mikä vähentää myös ylimääräisen veden määrää betonissa. Runkoaineen osalta tärkeintä on pyrkiä jatkuvaan runkoainejakaumaan, suureen maksimirunkoainekokoon ja korkeaan kiviäpitoisuuteen. Valuolosuhteet taas tulisi järjestää niin, että ympäristössä olisi alhainen lämpötila ja betonille sallittaisiin mahdollisimman hidas kuivuminen.

Työmailla on nykyisin kasvanut ongelma betonilatioissa jo plastisen vaiheen kutistuman aiheuttama halkeilu, joka ilmestyy lattian pintaan jo valun jälkeisen oikovedon ja pinnan viimeistelyn välillä. Ongelmaa voitaisiin hallita lisäämällä niin sanottu välijälkihoidoaine lattialle oikovedon edetessä.

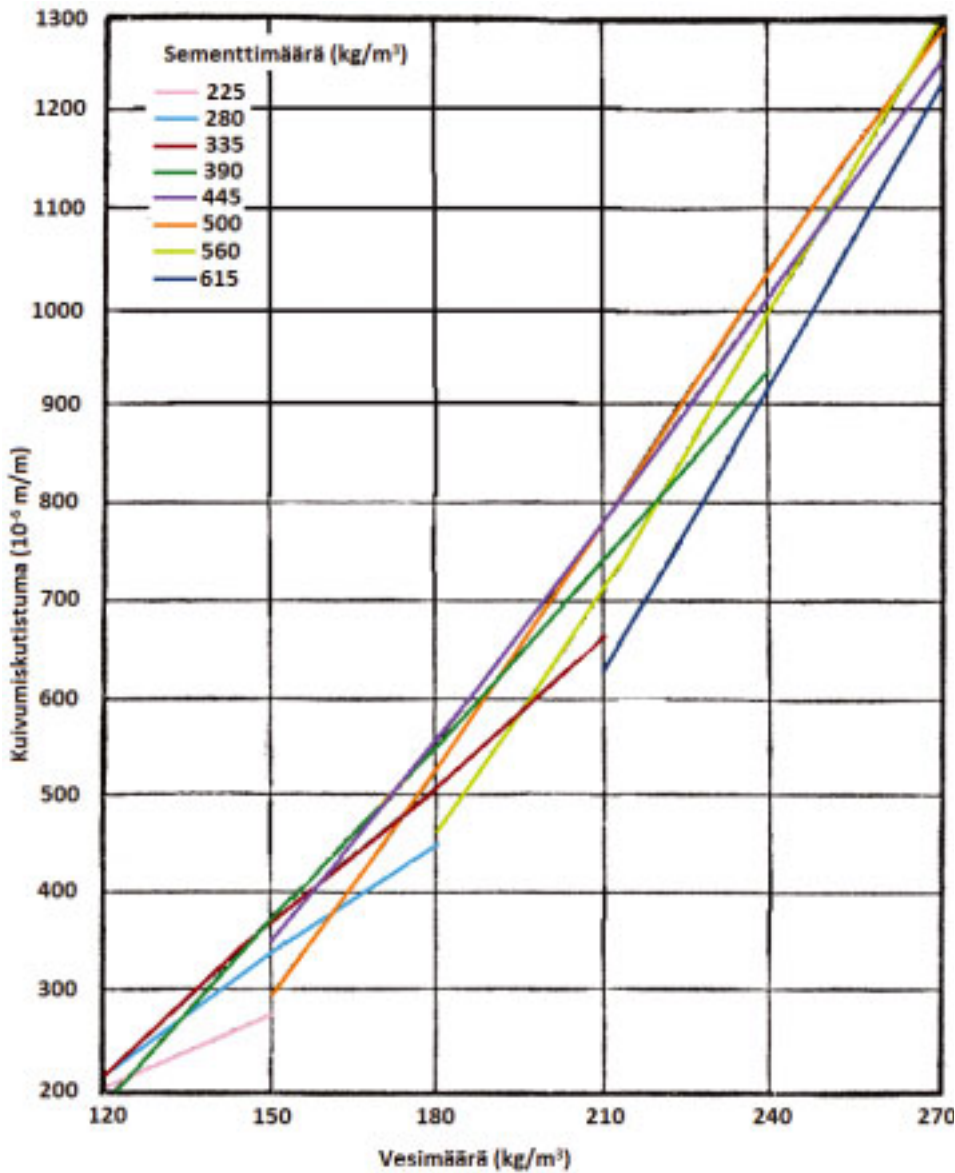
THE CONTROL OF DRYING SHRINKAGE IN CONCRETE FLOORS

Cracks in floors are often a cause of contention in sites. One way to reduce harmful cracking in floors is to diminish drying shrinkage in concrete. The most important internal factor in controlling drying shrinkage is the reduction of water content in concrete. Cement used in concrete increases drying shrinkage as its alkali and C₃A content increases. By increasing the aggregate volume fraction shrinkage can be restrained. Superplasticizers tend to increase selfdesiccation more than drying shrinkage. SRAs reduce shrinkage very much: their use can decrease drying shrinkage almost to half.

Cracking in rings made to assess the cracking tendency of restrained concrete correlated with free shrinkage. The results suggest that the strength class of concrete used in floors should be kept moderate. The water-cement-ratio and water content increase in lower strength classes which increases drying shrinkage. However, in higher strength classes the autogenous shrinkage and the danger of plastic shrinkage increase which can easily lead to surface cracking and deteriorate durability.

Drying shrinkage can be restricted with external factors by keeping the relative humidity high and the temperature of concrete quite low.

For avoiding cracks and controlling drying shrinkage in concrete floors it is especially important to pay more attention to concrete mix design in the future. It is also essential to make sure that concrete mixing plants supply the kind of concrete that matches the wanted strength class and consistency and, for example, too much water isn't added to concrete in the mixing process. By making sure of this drying shrinkage in concrete can be controlled and thus also the cracking in concrete floors diminished.



3
Vesimäärän vaikutus betonin kuivumiskutistumaan on erittäin merkittävä.



Plastista halkeilua pahentaa se, että betonimassojen pumpattavuus- ja levitettävyyksivaatimukset ovat muuttaneet massoja kutistuvuudeltaan huomponpaan suuntaan. Vesimäärät betonissa ovat nousseet suuruusluokkaan 200 – 240 l/m³, kun määrän ei tulisi olla juurikaan yli 200 l/m³. Betonimassa sisältää kutistuvaa pastaa usein yli 350 l/m³ ja vähän kiviainesta, mikä nostaa kutistuman arvoja yli 1 mm/m, kun tavoiteltava kutistuma betonimassalla pitäisi olla enintään 0,8 mm/m.

Lattiakohteessa on myös arvioitava mahdollisen halkeilun haitallisuutta. Osassa lattiakohteita pyritään nykyään esteettisistä tai rakenteellisista syistä saumattomiin lattioihin, jolloin syntyvä halkeilu lattiaan on haitallista. Saumattomuuden etuna on se, että tehdyt kutistumis- ja liikuntasaumamat eivät pääse toimimaan uuden halkeilun syntykohtina eivätkä ne kärsi laatan reuna-alueiden käyrityksestä. Mikäli halkeilusta ei kohteessa ole haittaa, voidaan betonille sallia suurempi kutistuma eikä kutistuman hallitsemiseksi tarvitse ryhtyä erityis toimiin.

Betonilattian lopputulokseen vaikuttavat monet tekijät yhdessä. Lattiarakennetta ei ole mahdollista saada hyväksi ja halkeilemattomaksi epäsuotuisissa olosuhteissa ja huonoilla työmenetelmillä, vaikka rakenteessa käytettäisiin kutistuman puolesta kuinka ideaalista betonia hyvänsä. Toisaalta hyväkin betoni on aina kutistuvaa, mikä aiheuttaa aina vaaran lattian halkeilulle. Betonin halkeilua voidaan kuitenkin hallita hyvällä etukäteissuunnittelulla ja toiminnalla valun aikana ja sen jälkeen, vaikkei kuivumiskutistumaa voidakaan koskaan poistaa täydellisesti.

Lisätietoja:

Betonilattioiden kutistuman hallinta. Diplomityö. Aalto-yliopisto. Jasmiina Hietala. 2011.
jasmiina.hietala@gmail.com
tel. +358 40 753 9930

4
Seppo Petrow

4 Halkeillut lattia aiheuttaa sekä esteettisiä että rakenteellisia haittoja. Betonin kuivumiskutistumaa on mahdollista pienentää valitsemalla muun muassa betonin suhteitus, runkoaine, ympäristön suhteellinen kosteus ja rakenteen mitat harkiten.