

Kiinnitetyn pintabetonilattian kuituraudoitus

Kuitubetonilattian mitoituksesta vastaa kuitutoimittaja. Varsinaisesta rakennesuunnittelusta vastaa kuitenkin kohteen rakennesuunnittelija/pääsuunnittelija. Tästä syystä rakennesuunnittelijan tulee huolellisesti tarkistaa myös kuitubetonimitoitus. Koska useimmilla rakennesuunnittelijoilla on vielä vähän kokemusta kuitubetonista, on Suomen Betonilattiayhdistys laatinut tämän ohjeen kuitubetonimitoituksen tarkistamiseen.

Kiinnivalettuja pintabetoneita käytetään elementtilaastojen ja betoniholvien päällä ja niiden oikean kuituannostusten määrittäminen on osoittautunut vaikeaksi. Siksi BLY oli mukana rahoittamassa ja tukemassa diplomityötä, joka perehtyi tähän asiaan. Ansiokkaan työn (Johannes Hämeri: Kuitubetonin käyttö ja mitoittaminen kiinnitetyissä pintabetonilattioissa, Aalto-yliopisto) valmistuttua voimme nyt antaa suunnittelijoille työkaluja määrittää oikealla tavalla pintabetonilattian kuituannostus.

1. Yleistä

Kuitumitoituksia toimitetaan maanvaraisiin lattioihin, kiinnitettyihin ja irrotettuihin pintabetonilattioihin sekä alapohjan paalulaattoihin. Kuitutyypit ovat yleensä teräskuitu, synteettinen makrokuitu ja alkalinkestävä lasikuitu. Alapohjan paalulaatoissa kuitutyyppi on teräskuitu. Mikrokuituja käytetään vain plastisen halkeilun estoon, eikä niille toimiteta laskelmia.

2. Pintabetonin raudoittaminen

Varsin yleisesti pintabetoniin suunnitellaan kutistumaa vastaan keskeinen verkkoraudoitus, jos pintabetonin paksuus on ≥ 40 mm. Koska verkot haittaavat ennen valua tehtävää tartuntaharjausta on mahdollista, että tartunta alustaan jää huonoksi ja aiheuttaa kopoa ja halkeilua. Vastaavasti kuiduilla raudoitetuista pintabetoneista on hyviä kokemuksia halkeilun hallinnan ja tartunnan osalta. Lisäksi verkkojen limitykset (4 kpl päällekkäin jatkosnurkissa) edellyttävät monesti paksumpia pintabetoneita kuin olisi tarvetta. Pintabetoneita käytetään myös liittorakenteen osana, jolloin niiden suunnittelu on osa kantavan rakenteen mitoitusta ja poikkeaa tästä ohjeesta.

3. Kuitubetonin jäännöslujuus

Teräskuidut ja synteettiset makrokuidut alkavat toimia vasta betonin halkeiltua, jolloin ne siirtävät rasituksia halkeaman ylitse antaen betonille ns. jäännöslujuutta. Jäännöslujuuden suuruus riippuu kuidun lujuudesta, tartunnasta ja erityisesti kuitujen kappalemäärästä. Siksi myös kuitu, jolla ei ole suurta vetolujuutta voi antaa korkean jäännöslujuuden, jos kuitujen kappalemäärä on suuri. Tällöin halkeamassa on paljon kuituja siirtämässä rasituksia.

Jäännöslujuus on yleensä kuitubetonin halkeilun jälkeistä vetolujuutta tai taivutusvetolujuutta.

Jäännösvetolujuus voidaan määrittää standardin SFS-EN 14651 mukaan tehdyn palkkitestin jäännöstaivutusvetolujuudesta. Tällöin kuituvalmistajan ei tarvitse tehdä suuria määriä testejä. BY 66 ohjeen mukaan teräskuitubetonin jäännösvetolujuus ($f_{ft,R1}$) käyttörajatilassa on:

$$f_{ft,R1} = 0,45 \times f_{R,1} \quad ; \quad f_{R,1} \text{ on jäännöstaivutusvetolujuusarvo}$$

Jos kuiduista ei ole edellä mainitun standardin mukaisia palkkitestejä, vaan vanhempia jäännöslujuuslukuun (R-arvo) perustuvia taivutusvetoarvoja, voidaan niiden avulla löytää jäännösvetolujuus seuraavasti.

Betonin ominaisvetolujuus $\times 1,7 \times R/100 \times 0,45 =$ jäännösvetolujuus

4. Pintabetonilattian laatuiluokitus

Pintabetonilattian laatuiluokitus on sama kuin maanvaraisen betonilattian. Se noudattaa BY45/BLY 7 Betonilattiat 2018 ohjetta.

Lattioista luokitellaan: **Tasaisuus – Kulutuskestävyys – Halkeamaleveys**
 A_0, A, B tai C 1, 2, 3 tai 4 I-UA, I-UB, I-K, II, III, tai IV (erikoisluokka)

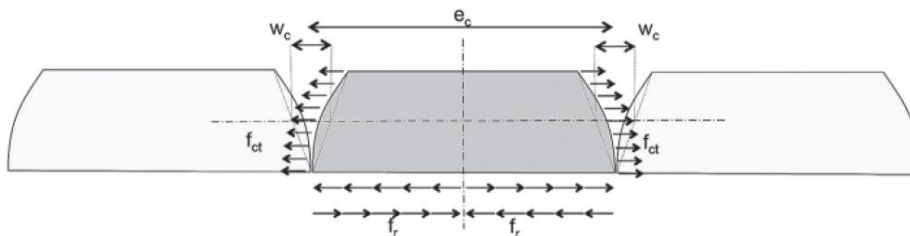
Kuitujen käytöllä voidaan vaikuttaa lähinnä halkeamaleveysvaatimukseen.

5. Kiinnitetyn pintabetonilattian kuitumitoitus

Kuitubetonia on tutkittu maailmalla paljon, mutta halkeamaleveys ja -tiheys on aina ollut vaikea asia määrittellä. Koska kuidut ovat kolmiulotteisesti betonimassassa, ei löydy laskentamallia mikä täsmäisi käytäntöön.

Paras teoreettinen malli, joka on lähellä käytännön kokemuksia, on Jürgen Mandlin tekemä kaava, jossa määritellään staattinen malli ja hyödynnetään kuitubetonin jäännöslujuutta:

Halkeamaväli e_c



$$f_r \cdot b \cdot \frac{e_c}{2} = \Delta f_{ct} \cdot b \cdot h$$

$$\Delta f_{ct} = f_{ct} - f_{ct}^f$$

$$e_c = 2 \cdot \frac{\Delta f_{ct} \cdot h}{f_r}$$

missä:

- f_r on alustan lepokitkavoima
- h on betonin paksuus
- b on betonikappaleen leveys (ainoastaan yhtälön muodostuksessa)
- f_{ct} on betonin vetolujuus
- f_{ct}^f on kuitubetonin jäännösvetolujuus

Halkeamaleveys w_c :

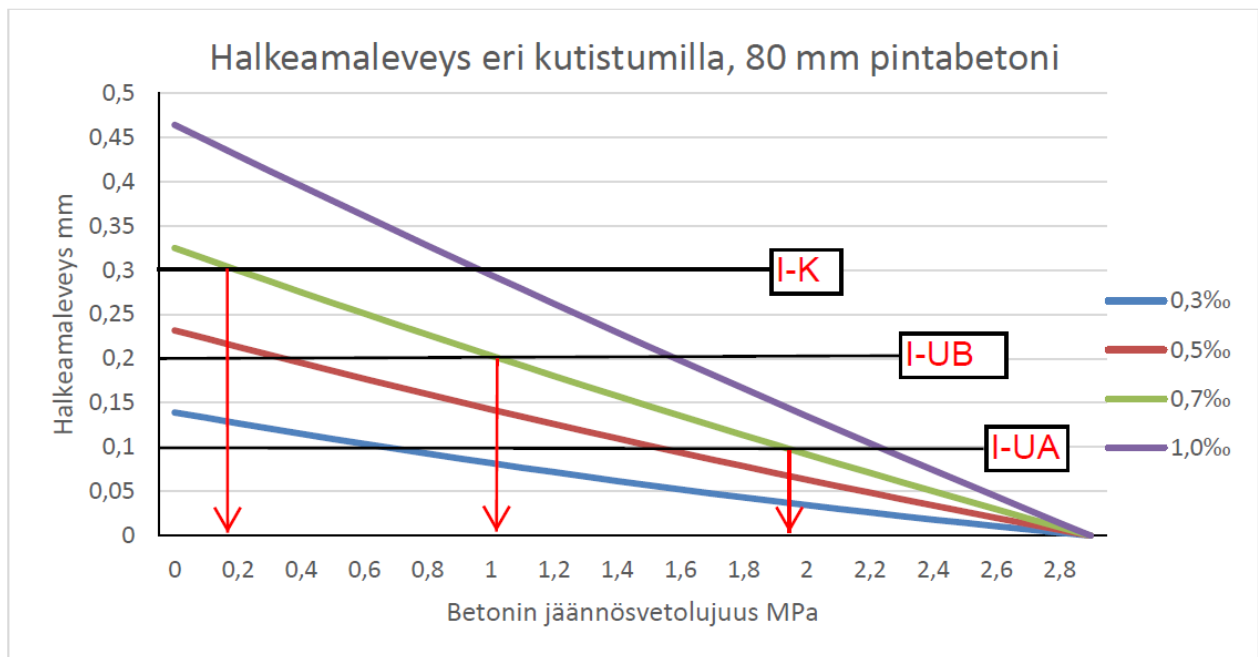
$$w_c = e_c \cdot \left[(\varepsilon_{cs}(t - t_0) - \varepsilon_T) - \frac{f_{ctd}^f}{E_{cm}} \right]$$

Missä:

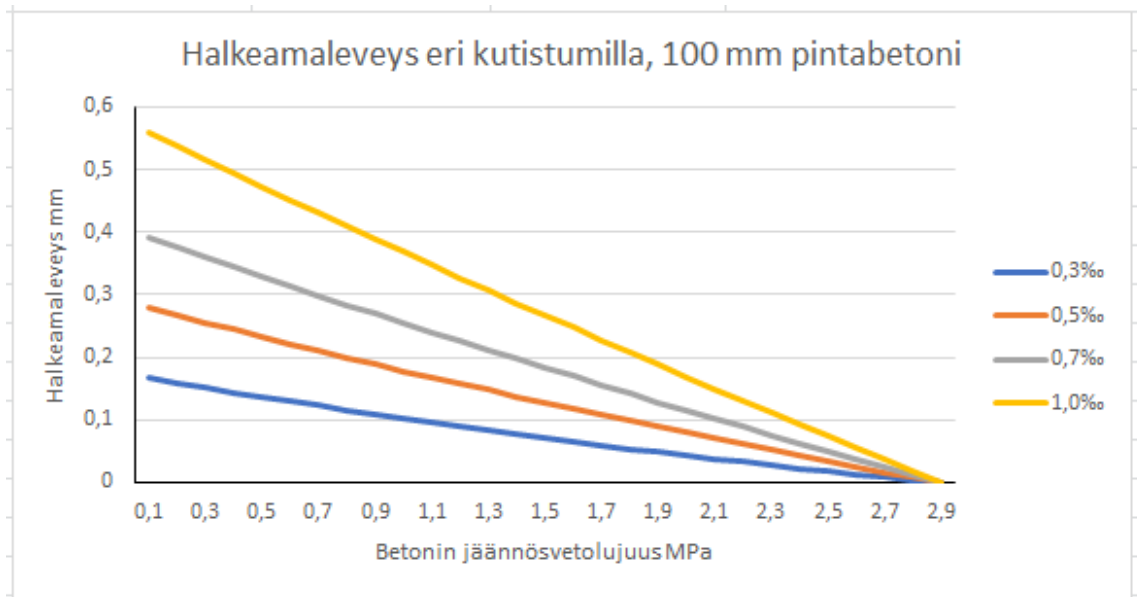
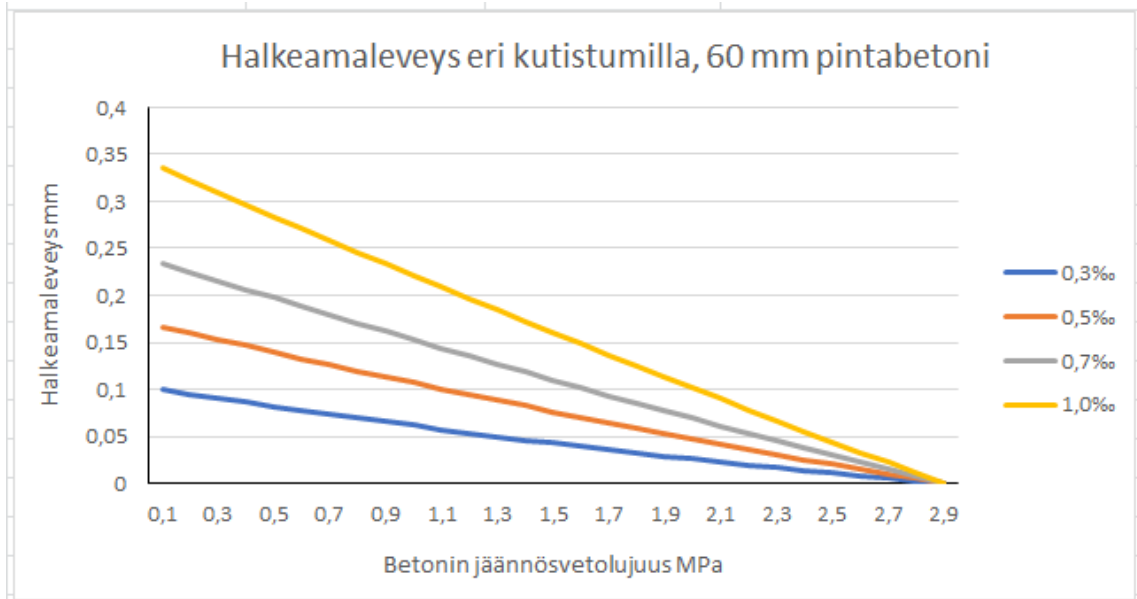
- ε_{cs} on kokonaiskutistuma aikavälillä $t-t_0$
- ε_T on lämpömuodonmuutos
- f_{ctd}^f on betonin jäännösvetolujuus
- E_{cm} on betonin kimmomoduuli

Kaavoilla voidaan muodostaa diagrammit eri pintalaattapaksuuksille, jolloin voidaan helposti määrittellä kuitubetonin tarvittava jäännöslujuus eri halkeamaleveysvaatimuksille. Alla olevissa diagrammeissa alustan lepokitkavoiman laskennalle laitetaan tartunnalle 1 MPa, joka on normaali oletusarvo tartunnalle. Tässä näytetään yleisimmät pintabetonipaksuudet ja neljä betonin kutistuma-arvoa. Betonin vetolujuus on 2,9 MPa, se on keskimääräinen vetolujuus C30/37 betonille.

Oheiseen diagrammiin, jossa on 80 mm kuitupintabetoni, on lisätty **BY 45 2018** kirjan halkeamaleveys-suositukset luokille **I-UA, I-UB ja I-K**. Vastaavalla tavalla pystyy muistakin diagrammeista etsimään tarvittavat jäännöslujuudet.



Valittuna melko yleinen pumpattavan pintabetonin kutistumataso 0,7 %. Tällöin tiukimpaan **I-UA** luokkaan (0,1 mm) tarvitaan kuitubetonilta noin 1,95 MPa jäännösvetolujuus ja melko vaativaan (**I-K** luokkaan) noin 0,2 MPa. Jos jäännöslujuutta kuitubetonille ei tarvita on kuitenkin suositeltavaa käyttää kuidun minimiannostusta. Samalla huomataan, että pieni kutistuma 0,3 %, johon ehkä päästään vain kutistumaa vähentävillä lisäaineilla (SRA), vähentää huomattavasti kuitubetonin jäännöslujuustarvetta.



Ohjeen tarkoitus on myös vapauttaa suunnittelija määrittelemästä tiettyä kuitutyyppiä tai tietyt ominaisuudet omaavaa kuitua. Nyt rakennedetaljissa voi lukea esimerkiksi:

Kiinnivalettu kuitubetoni 80 mm, kuitubetonin jäännösvetolujuus 0,2 MPa, betonin kutistuma max. 0,7 %

Betonin lujuutena on järkevää käyttää maksimissaan C30/37 arvoa. Vaikka käytössä on kuitubetonia, on työmaalla aina järjestettävä hyvät valuolosuhteet ja kunnollinen jälkihoito. Kun halutaan hallita kuitupinta-betonin plastista halkeilua, on käytettävä varhaisjälkihoitoa tai lisättävä kuitubetoniin mikrokuitua. Plastista halkeilua vähentää jo noin 0,5 kg/m³ mikrokuituannostus.