

Teräskuitubetonisen maanvaraisen lattian mitoituksen virheistä

Kuitubetonilattian mitoituksesta vastaa pääsääntöisesti kuitutoimittaja, vaikka varsinaisesta rakennesuunnittelusta vastaa kohteen rakennesuunnittelija/pääsuunnittelija. Tästä syystä rakennesuunnittelijan tulee huolellisesti tarkistaa myös kuitubetonimitoitus. Koska kuitubetonirakenne ei ole normirakenne, on markkinoilla käytössä laaja kirjo erilaisia mitoitustapoja. Eri mitoitustavat voivat johtaa varsin erilaisiin lopputuloksiin ja jopa suoranaisiin virheisiin lattian toiminnan kannalta.

Suomen Betonilattiayhdistys ry on laatinut tämän ohjeen kuitubetonimitoituksen virheiden välttämiseksi. Ohje on suunnattu ensisijaisesti kuitubetonimitoitusten tarkistajille, mutta siinä olevaa tietoa voivat hyödyntää myös kohteen tilaaja/loppukäyttäjä ja kohteen urakoitsija tarkistaessaan kohteen asiakirjoja. Ohjeen laatineessa työryhmässä ovat olleet jäseninä Jouko Ilvonen, Veikko Leino, Pekka Haapimaa ja Kim Johansson. Ohje on hyväksytty BLY:n hallituksessa.

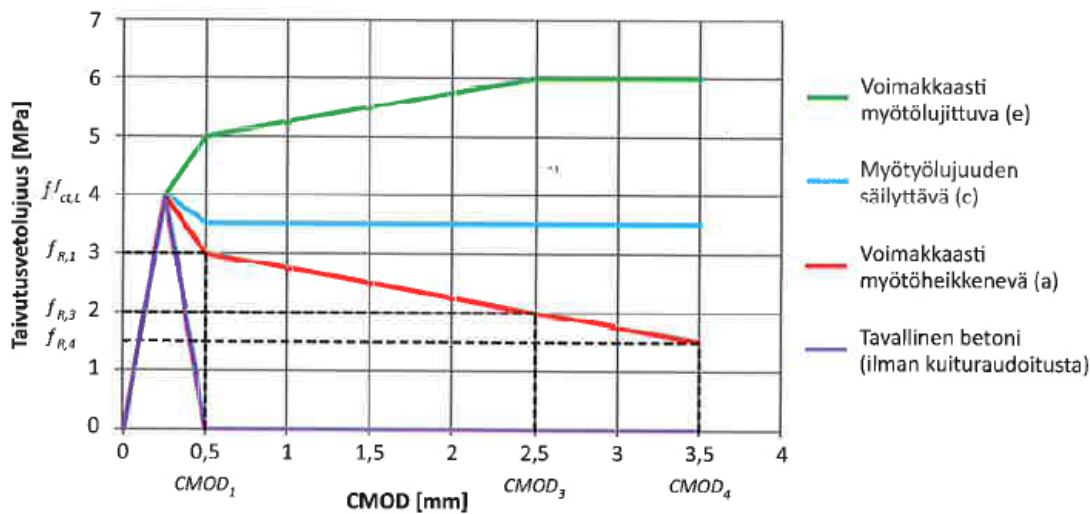
1. Taustaa

Maanvaraisen betonilattian teräskuitumitoitus on miltei täysin kuitutoimittajan vastuulla. Koska kyseinen rakenne ei ole normirakenne, on odotettavissa laaja kirjo erilaisia mitoitustapoja. Se, että rakenne ei ole sortumassa mihinkään, johtaa joidenkin toimijoiden osalta varsin rohkeisiin mitoituksiin, joilla saadaan tulokseksi hyvinkin ohuita laattoja ja pieniä kuitumääriä. Niistä seuraa laatan muodonmuutoksia, käyristymistä ja varsin näkyvää halkeilua.

Koska kuidut sekoittuvat betoniin sattumanvaraisesti, niiden toiminta betonissa varmistetaan kuitupalkkikokeilla. Testipalkkien dimensiot ovat pienet, joten tuloksissa on suuri hajonta. Testeissä on kuitenkin huomattu laadukkaan kuitubetonin sitkeys sekä halkeilun jälkeinen jäännöslujuus. Siksi maanvaraisten laattojen mitoitusta tehdään yleensä myötöviivateorialla kimmoteorian sijaan. Mutta tämänkin mitoituksen tulee perustua oikeisiin lähtökohtiin ja periaatteisiin.

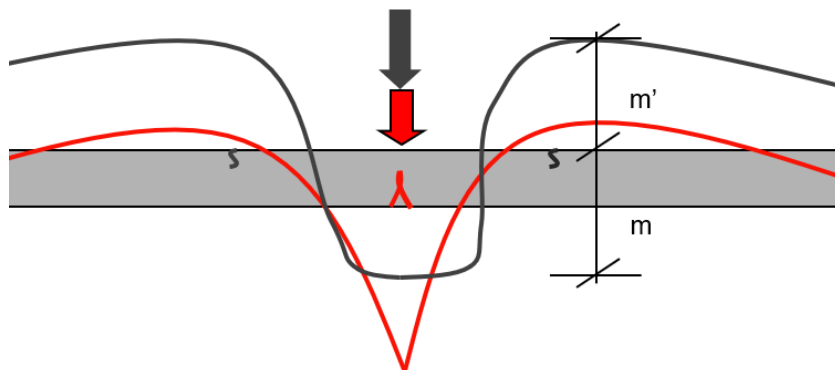
2. Myötöviivateoria

Myötöviivateorian käyttö mitoitustapana edellyttää, että rakenne käyttäytyy kuormituksen alaisena sitkeästi ja laatussa kenttämomentit (alapinnassa) ja tukimomentit (yläpinnassa) pystyvät tasaantumaan yhtä suuriksi. Kantavassa kuitubetonilaatassa (BY66) voidaan riittävän suurella kuitumäärällä saada aikaan rakenne, jossa ensi halkeaman jälkeen kuidut pystyvät kantamaan kyseisen halkeamamomenttia vastaavan kuorman tai jopa suuremman kuorman. Tällöin rakenteen sanotaan olevan myötölujuuden säilyttävä tai myötölujittuva. Maavaraisissa lattioissa voidaan käyttää hieman pienempiä kuituannoksia, koska laatta valetaan kimmoiselle alustalle (tiivistetty maapohja ja lisäksi mahdollinen kantava lämpöeriste). Suositeltavaa on, että maanvaraisen kuitubetonilaatan jäännöslujuus olisi vähintään 50 %. Tällöin laattaa kuormitettaessa laatan kantama maksimi momenttiarvo on puolet siitä, mikä on halkeamattoman betonilaatan momenttikestävyys.



Kuva 1. Kuitubetonin käyttäytyminen standardin SFS-EN 14651 mukaisen palkkitestin perusteella.

Maanvaraisia kuitubetonilaattoja tehdään yhä useammin pitkillä saumaväleillä (15 - 40 m). Tällöin laatan kutistumavoimat ovat niin suuret, että laatta halkeaa jo niiden voimasta. Myöhemmin, kun laatta saa muuta kuormitusta, on rakenne jo valmiiksi haljenneessa tilassa. Siksi on tärkeätä, että kuidun tuoma jäännöslujuus on riittävällä tasolla ja rakenne tarpeeksi sitkeä.



Kuva 2. Maanvaraisen laatan momenttikapasiteetti myötöviivateorian mukaan.

Myötöviivateoriassa tarkastellaan rakennetta mekanismin syntyhetkellä. Yllä oleva kuva esittää laatan myötöviivamomenttien syntyä. Pieni kuormitus (punainen) synnyttää normaalin momenttikuvion, kunnes kuorman alle tulee halkeama. Kuidut silloittavat halkeaman ja kuormituksen kasvaessa kapasiteettiin osallistuu laatan ehjä yläpinta (musta väri) kunnes sekin halkeaa, ja saavutetaan laatan täysi myötökapasiteetti.

Koska kuidut ovat oletettavasti tasaisesti sekoittuneet rakenteeseen, on $m = m'$. Molemmat momentit siis perustuvat kuitubetonin jäännöslujuuteen ja ovat yhtä suuria.

Markkinoilta löytyy laskelmia, joissa kokonaismomenttikapasiteetin $m+m'$ toinen osa on halkeilemattoman betonin lujuus, eli jäännöslujuusluku on 100 %. Tämän kaltainen tilanne on mahdollista kahdessa tapauksessa: jos käytettävä kuituannostus on niin suuri, että se tekee betonista voimakkaasti myötölujittuvan, tai, jos rakenne voidaan käytännössä toteuttaa halkeilemattomana. Näistä vaihtoehdoista molemmat ovat käytännössä hyvin vaikeita toteuttaa, eivätkä ne tule vastaan kuin hyvin harvoin. Käytännössä ollaan lähes aina jäännöslujuustasolla 50 - 70 %. Silloin yllä mainittu tapa antaa aivan liian isoja kapasiteetteja ja johtaa liian ohuisiin laattoihin. Koska nykyiset laatat ovat jo suuren kokonsa puolesta valmiiksi haljenneessa tilassa, on mitoituksessa käytettävä jäännöslujuusarvoja, eikä ehjän betonin arvoja.

3. Betonin puristuslujuus

Markkinoilla näkyy mitoituslaskelmia, joissa betonin lujuutena käytetään $f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ MPa}$ lujuuksia eli betonikoekappaleiden ns. keskiarvolujuuksia. Tämä myös johtaa ongelmiin, koska betoniasemalta kuitenkin tilataan 8 MPa pienempää lujuutta ja sellaista varmaan myös toimitetaan. Eli laskelman tuloksessa mainitaan esim. C30/37 lujuuksinen betoni, mutta laskelmissa on 8 MPa suuremmat arvot käytössä.

4. Kuormat

Maanvaraisen laatan mitoittavat rasitukset syntyvät, kun laatta saa pistekuormitusta, yleisimmin pyöräkuormista tai hyllykuormista. Tasainen kuorma ei aiheuta suurta rasitusta, koska kuorma välittyy suoraan maapohjalle. Kun suurin kuormitus on liikuntasaumassa, on laskelmissa usein oletettu saumaprofiilin siirtävän 40 - 50 % kuormasta sauman ylitse, ja sauma on mitoitettu vapaana reunana 40 - 50 % pienennetylle kuormalle. Erityyppisten liikuntasaumojen kuormansiirtokapasiteetti kuitenkin vaihtelee. Tämän takia on tärkeää, että lattia mitoitetaan aina sauman todellisen kuormansiirtokapasiteetin mukaisesti. Mikäli lattiaan valitaan käytettäväksi alkuperäisistä suunnitelmista poikkeava liikuntasaumatyyppe, sauman toiminta tulee tarkistaa ja mitoittaa uudelle tuotteelle. Erityisesti paalulaatoissa käytettävien saumojen suhteen tulee sauman todellinen kapasiteetti aina tarkistusmitoittaa.