

Päällystettyjen elementtirakenteisten välipohjien kosteustekninen toimivuus osana rakennuksen tervettä elinkaarta

Vahanen Oy

Peikko Finland Oy on teettänyt Vahanen Oy:llä tutkimuksen, johon tämä artikkeli perustuu. Peikon Deltapalkilla on kantavan primäärirakenteen rooli elementtirakenteisessa välipohjassa. Artikkelin antaa tietoa siitä, mitä tulee ottaa huomioon, jotta rakennusaikataulu, valitut materiaalit sekä toimintatavat yhdessä johtavat hyvään lopputulokseen.

Hankkeeseen ryhtyvä vastaa myös hankkeen kosteudenhallinnasta

Rakentamisen kosteudenhallintaan on kiinnitetty paljon huomiota 1990-luvun lopulta lähtien. Kuitenkin vasta viime vuosina rakentajien, suunnittelijoiden, urakoitsijoiden ja rakennusvalvonnan yhteistyöllä on löydetty käytännössä varmasti toimivia toimintamalleja. Selvimät kehitysaskleet on saatu Suomen Rakennusinsinöörien liiton julkaisun RIL 250-2011 *Kosteudenhallinta ja homevaurion estäminen rakentamisessa*, ohjeilla.

Viime vuosina rakennusvalvonnat ovat terästäytyneet ja asettaneet rakennushankkeeseen ryhtyvälle vaatimuksia lupavaiheeseen. Käytännössä on havaittu, että määräysten toiminnallisten vaatimusten edellyttämän turvallisen ja terveellisen lopputuloksen saavuttamiseen vaaditaan selkeät toimintatavat, joihin hankkeen kaikkien osapuolien tulee sitoutua. Koska hankkeeseen ryhtyvä vastaa viimekädessä hankkeen kosteudenhallinnasta, on hankkeeseen ryhtyvän osattava vaatia riittäviä kosteudenhallinnan toimenpiteitä sopimusvaiheessa. Pelkkä vaatimus määräysten mukaisesta toteutuksesta ei tuota riittävää varmuutta onnistuneen lopputuloksen saavuttamisesta, tai keinoja puuttua kosteudenhallinnan toteutukseen. Koska vaatimukset ovat toiminnallisia ja osin tulkinnanvaraisia, jo hyvän rakentamistaan mukaisten ratkaisujen aukikirjoittamisella sopimusasiakirjoihin voidaan varmistaa, että kosteudenhallinnan toimenpiteet ovat riittäviä, ja että toimenpiteet ymmärretään osapuolien

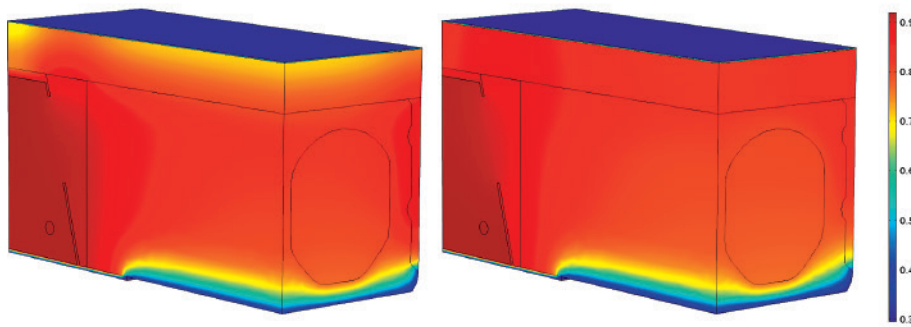
kesken samalla tavalla. Toisaalta hankkeeseen ryhtyvä voi aina halutessaan vaatia sopimusasiakirjoissaan suunnittelijoilta ja rakentajilta omien, tavanomaista tiukempien kosteudenhallinnan ohjeistusten ja kriteerien noudattamista.

Rakennesuunnittelijan rooli

Kosteudenhallinnan toteuttamisen lähtökohdaksi on Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C2 (1998) toiminnallinen vaatimus: *Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, ettei siitä aiheudu sen käyttäjille tai naapureille hygienia- tai terveystarpeita kosteuden kertymisestä rakennuksen osiin tai sisäpinoille. Rakennuksen näiden ominaisuuksien tulee normaalilla kunnossapidolla säilyä koko taloudellisesti kohtuullisen käyttöajan ajan.*

Suunnittelijoilla on oltava riittävä osaaminen ja tiedot käyttämistään ratkaisuksista, koska suunnittelussa on varmistuttava rakenteiden ja rakennusmateriaalien kosteusteknisestä toimivuudesta. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C2 mukaan suunnitelmassa esitettävien rakenteiden ja rakennusosien kosteusteknisestä toimivuudesta on varmistuttava luotettavaan selvitykseen perustuen. Määräysten ohjetekstin perusteella kosteusteknisestä toimivuudesta annettava selvitys voi olla laskennallinen, kokeellinen tai näiden yhdistelmä. Toisaalta pitkäaikaiseen kokemukseen perustuva tieto hyvästä kosteusteknisestä toiminnasta voi korvata selvityksen.





3 Kuvassa tummanpunaiset alueet ovat kosteimpia ja siniset kuivimpia. Vasemmalla on esitetty kosteuskajakauma juuri ennen päällystystä. Deltapalkki-/ontelolaattarakenteessa kosteus jakautuu epätasaisesti kuivumisen aikana. Oikealla on kuva rakenteesta noin puoli vuotta päällystyksestä. Vaikka Deltapalkin sisällä betonin kosteus on edelleen korkea, tasaantuu kosteus betonirakenteeseen. Kun riittävä kuivuminen on varmistettu, ei kosteus nouse päällysteen alla haitallisen korkealle.

3

Deltapalkkirakenteiden kosteustekninen toimivuus

Deltapalkkeja on toimitettu maailmanlaajuisesti 90-luvun alusta lähtien yli 10 000 kohteeseen. Kokemusten perusteella Deltapalkkirakenteet toimivat kosteusteknisesti hyvin. Rakennushankkeiden kosteudenhallintaa edistääkseen Peikko päätti selvittää syvällisemmin Deltapalkkirakenteiden kosteusteknistä toimintaa. Peikko teetti kosteusmittauksia 2007 valmistuneessa toimitilassaan, minkä perusteella kosteudet Deltapalkkilinjoilla olivat tasaantuneet lähelle huoneilman oletettua keskimääräistä ilmastokosteuden tasoa. Kosteusmittausten lisäksi Peikko tilasi VTT:ltä tutkimuksen Deltapalkkirakenteiden kuivumisesta ennen rakenteen päällystystä.

Tutkimuksessa tehtiin kuusi erilaista koekappaletta teräslaatikoihin, jotka simuloivat käytännön Deltapalkkirakenteita. Koekappaleiden kosteustilaa seurattiin noin vuosi. Tutkimuksissa havaittiin, että rakenteen pinnoitukset kuivuvat päällystettävyyden kannalta riittävän kuiviksi. Deltapalkin sisäosan sekä Deltapalkin ja ontelolaatan saumavalun kohdalla syvemmällä rakenteessa rakennekosteus säilyi pidempään. Peikko päätti jatkaa tutkimuksia selvittääkseen kosteustilan muutokset Deltapalkkirakenteessa päällystämisen jälkeen.

Deltapalkkirakenteen kosteusteknisen toiminnan perinpohjainen tutkiminen

Peikko lähti toteuttamaan Deltapalkkirakenteen kosteusteknisen toimivuuden kokonaisvaltaista selvitystä Vahanen Oy:n kanssa, jolla on pitkä kokemus betonirakenteiden kosteusmittauksista ja rakenteiden kosteusteknisen toimivuuden tutkimisesta käytännön kohteissa ja laboratorioissa. Tämän lisäksi Vahanen Oy:llä käytössä ovat laskentaohjelmistot ja betoniosaaminen mahdollistivat Deltapalkkirakenteen kuivumisen laskennallisen mallintamisen. Tutkimuksissa rakenteen toimivuutta selvitettiin teoreettisesti sekä käytännön kosteusmittauksin.

Selvitys sisälsi:

- laskennalliset kuivumisaika-arviot 3D-simuloinnilla
- aiemmin toteutettujen kohteiden jälkimitaukset (4 kohdetta)
- rakenteilla olevien kohteiden mittaukset (2 kohdetta)
- VTT:n koekappaleiden mittaukset päällystytksen jälkeen
- betonilaatutestit

Tutkimusten tavoitteeksi asetettiin tiedon tuottaminen Deltapalkkirakenteiden kosteusteknisestä toiminnasta sekä ohjeistuksen laatiminen, jotta varmistetaan rakenteen toimivuus koko rakennuksen elinkaaren ajan.

Deltapalkkirakenteen kosteustekninen toiminta ja laskennallinen tarkastelu

Deltapalkki valetaan työmaalla täyteen betonia. Koska Deltapalkki on sivujen rei'ityksiä lukuun ottamatta umpinaista terästä, tapahtuu betonin kuivuminen kemiallisesti sekä rei'itettyjen sivujen kautta saumavaluun. Rakenteen kuivumisnopeus määräytyy käytetyn rakenneratkaisun, rakennevalussa käytetyn betonilaadun sekä kuivumisolosuhteiden mukaan.

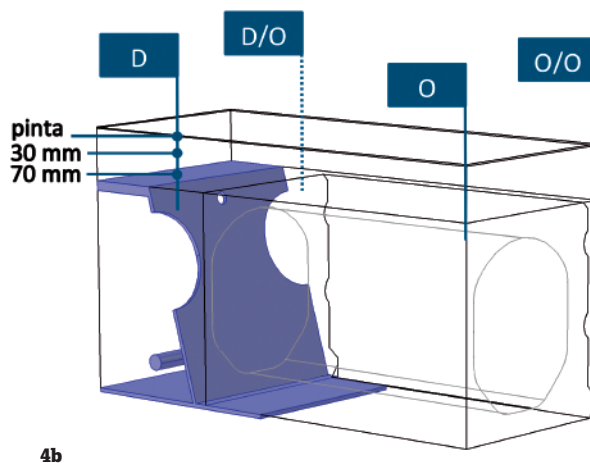
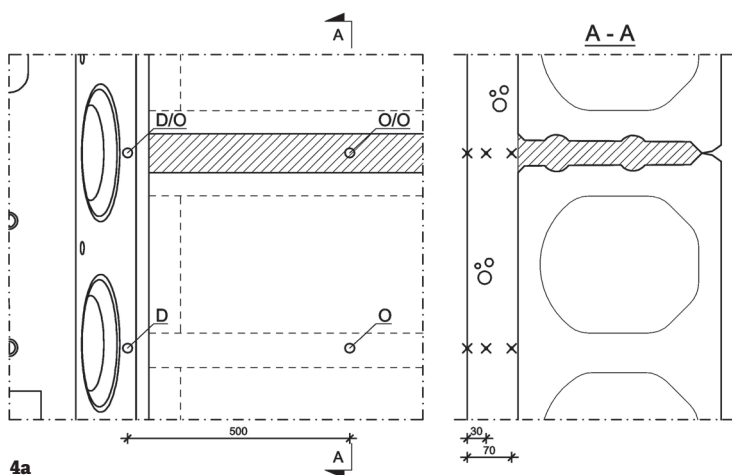
Ontelolaattarakenteessa Deltapalkin saumavalu kuivuu pääosin ylöspäin, koska ontelolaatta on hyvin tiivistä betonia ja onteloiden tulppaukset hidastavat kosteuden siirtymisen onteloiden ilmatilaan. Kuvassa 3 on havainnollistettu Deltapalkin täyttövalun kuivumista ontelolaattarakenteessa, jossa on 80 mm pinta-alaa. Kuva on laskennallisesta mallinnuksesta, jolla on tarkasteltu Deltapalkkirakenteen kuivumisaikaa.

Päällysteen tiiveyden vaikutusta rakenteen kuivumiseen tutkittiin laskennallisesti tarkastelemalla kahta tavanomaista päällystevaihtoehtoa sekä päällystämätöntä rakennetta. Läpäisevien päällysteiden, kuten linoleum-maton vesihöyrynvastus on noin $s_d \sim 6$ m. Julkisissa tiloissa käytettävien tiiviiden muovimattojen

vesihöyrynvastus on noin seitsenkertainen $s_d \sim 40$ m. Tarkastelut tehtiin kuvan 4 mukaisesti neljästä mittauspisteestä eri syvyyksiltä. Piste D on Deltapalkin ja ontelolaatan saumavalun kohdalla ja piste O ontelolaatan yläpuolella. Pisteet D/O sekä O/O ovat muuten vastaavilla kohdilla, mutta niiden kohdalla on lisäksi ontelolaattojen välinen saumavalu. Laskennan perusteella voitiin arvioida Deltapalkin ja ontelolaatan välisen sauma sekä täyttövalun vaikutusta rakenteen päällystettävyyteen useassa tapauksessa.

Laskennallisesti arvioitiin myös rakennevalun betonilaadun vaikutusta kuivumisaikaan. Tarkastelut tehtiin korkean vesisementtisuhteen sekä korkeamman lujuusluokan ja alhaisen vesisementtisuhteen betoneilla. Tarkastelun perusteella betonilaadun valinnalla voidaan merkittävästi vaikuttaa rakenteen kuivumisnopeuteen. Teoriassa tiedetään, että korkean vesisementtisuhteen betonin suhteellinen kosteus ei laske kemiallisen kuivumisen seurauksena kuin 2–3 prosenttiyksikköä, mutta alhaisen vesisementtisuhteen betoneilla kosteus voi laskea jopa 10 prosenttiyksikköä. Laskennallisen tarkastelun perusteella rakenne kuivuu tavoitekosteudesta riippuen jopa kaksi kertaa nopeammin käytettäessä korkeamman lujuusluokan betonia korkean vesisementtisuhteen betoniin verrattuna. Esimerkit laskentatuloksista on esitetty kuvissa 5a ja 5b.

Eriytistapauksissa, kun on pyritty tavallista nopeampaan rakentamisaikatauluun tai haluttu varmistua, että Deltapalkin sisälle ei jää ylimääräistä kosteutta, on käytetty lämmitys-lankoja Deltapalkin sisällä. Lämmitettäessä vesihöyryn osapaine betonin huokosissa kasvaa ja vesihöyryn liike ulos materiaalista voimistuu. Kun lämpimin alue on palkin sisällä, saadaan kosteus poistumaan palkin sisältä tehokkaasti. Kokemusten perusteella lämmitys-langat on paras asentaa palkkien sisälle, jolloin asennus voidaan tehdä tehdasasennuksena. Laskennallisesti tehtiin teoreettiset tarkastelut, joissa arvioitiin lämmitys-lankojen aseman

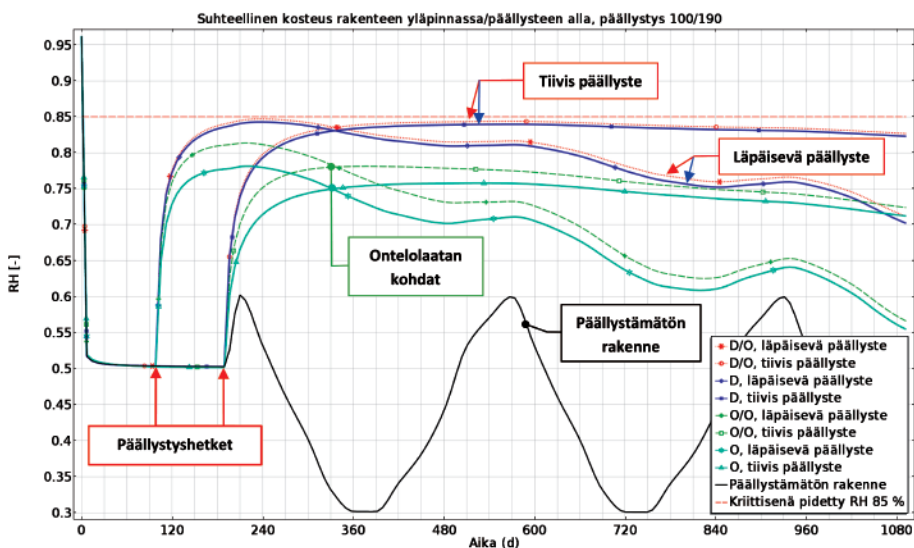
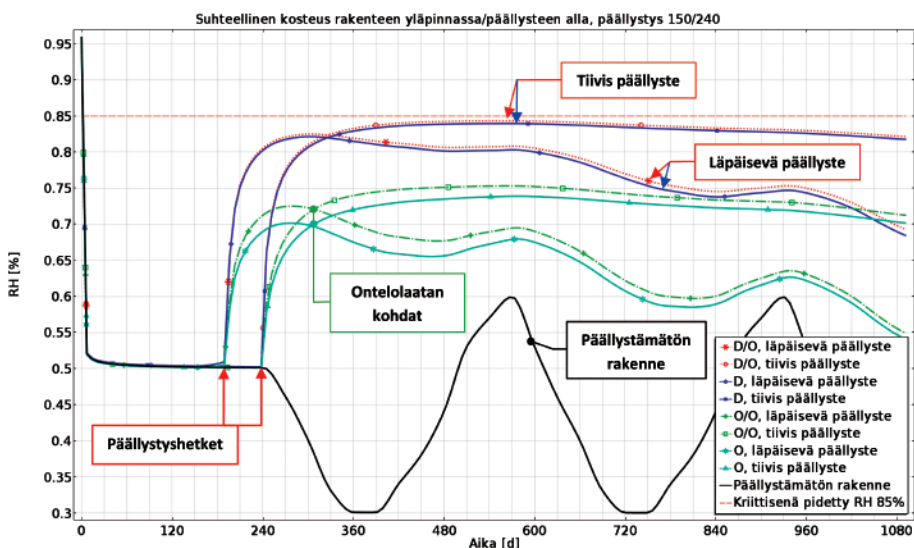


4 Ontelolaattarakenne. Kosteusjakaamaa tarkasteltiin neljältä eri linjalta. Pääosa tarkasteluista tehtiin linjoilta D ja O. Tarkasteluvyvyydet on ilmoitettu etäisyytenä betonirakenteen yläpinnasta.

4a Suhteellinen kosteus rakenteen yläpinnassa/päällysteen alla, päällystys 150/240

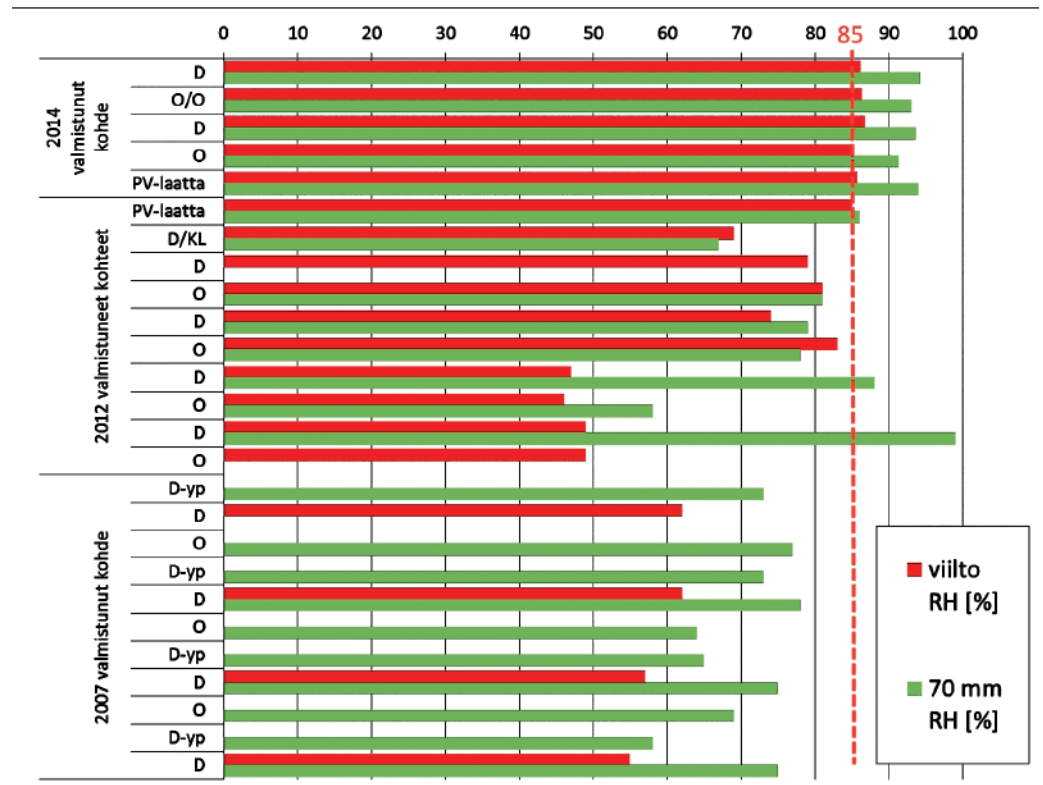
4b Suhteellinen kosteus rakenteen yläpinnassa/päällysteen alla, päällystys 100/190

5a ja 5b Esimerkit laskennallisen tarkastelun tuloksista. Ennen päällystämistä yläpinnan kosteus on tasapainossa sisäilman kosteuden kanssa. Päällystyksen jälkeen betonipinnan suhteellinen kosteus nousee. Kuvassa a) saumavalut ja pintabetoni on tehty tarkastelussa tavanomaisella K30 v/c 0,7 betonilla. Lämpäisevän päällysteen asennus voidaan tehdä 150 päivän kuivatuksen jälkeen, kun tiiviillä päällysteellä päällystys voidaan tehdä 210 päivän kohdalla. Kuvassa b) saumavalut on tehty tarkastelussa matalan vesiseimenttisuhteen v/c 0,4 betonilla ja pintalaatta tavanomaisella K30 v/c 0,7 betonilla. Lämpäisevän päällysteen asennus voidaan kyseisessä tapauksessa tehdä 100 päivän kuivatuksen jälkeen ja tiiviillä päällysteellä 190 päivän kohdalla. Tarkasteluissa Deltapalkin ja ontelolaatan välisessä saumassa kosteus kohoaa päällystyksen jälkeen, mutta jää kriittisenä pidetyn RH 85 %:n tason alapuolelle. Päällysteen asennus voidaan molemmissa tapauksissa tehdä lämpäisevällä päällysteellä noin kolme kuukautta aiemmin kuin tiiviillä päällysteellä. Lisäksi kosteus laskee lämpäisevällä päällysteellä kohtalaisen nopeasti, kun tiiviillä päällysteellä kosteus laskee hitaasti. Ontelolaatan päällä kosteus ei nouse kriittiselle tasolle. Ontelolaattojen välisen sauman kohdalla (vihreät käyrät) kosteus on ontelolaatan kohtaa hieman korkeampi, mikä on todettu myös lukuisissa käytännön mittauksissa. Kyseisissä tapauksissa kosteus arviointisyvyydellä A = 70 mm oli Deltapalkin ja ontelolaatan sauman kohdalla hieman yli RH 85 % ja ontelolaatan kohdalla noin RH 85 %.



Päällystettyjen elementtirakenteisten välipohjien kosteustekninen toimivuus osana rakennuksen tervettä elinkaarta

6 Viiltomittaukset heti päällysteen alta mattoliimasta ja rakennekosteusmittaukset 70 mm syvyydeltä. Vuonna 2014 valmistuneissa kohteissa päällysteiden alla havaittuja lievästi yli kriittisenä pidetyn suhteellisen kosteuden 85 % kosteuksia oli yhtälailla maanvastaisissa lattioissa sekä useilla eri kohdilla välipohjan alueella (ontelolaatan päällä, Deltapalkin ja ontelolaatan välisen sauman kohdalla, ja paikallavalulattaotien kohdilla). Mittauskohtien tunnuksot ovat kuvan 2 mukaiset (lisäksi: D-yp on mitattu Deltapalkin yläpuolelta).



vaikutusta rakenteen kuivumiseen. Laskennassa testattiin lämmityslankojen vaikutusta sijoitettuna palkin sisälle eri asemiin sekä palkin ulkopuolelle välittömästi uumareian alapuolelle, lähelle teräspintaa.

Laskennallisen tarkastelun perusteella paras tulos saatiin, kun lämmityslangat on sijoitettuna Deltapalkin sisälle.

Laskennallinen tarkastelu tehtiin *Comsol Multiphysics* -laskentaohjelmaan kehitetyllä *Heat and Moisture Transport* -työkalulla (Comsol Finland). Laskennassa käytetyt betonin ominaisuudet testattiin yksinkertaisilla rakenteilla Vahasella aiemmin toteutettujen koesarjojen perusteella, minkä lisäksi tuloksia verrattiin BY:n Betonirakenteiden kuivumisen arviointitaulukon BY1021 sekä ruotsalaisen TorKaS ohjelman tuloksiin. Vertailu tehtiin myös käytännön Deltapalkki-kohteissa tehtyihin mittauksiin sekä kuivissa olosuhteissa tehtyyn betonilaatutestiin. Betonin ominaisuudet haettiin kirjallisuuslähteistä sellaiseksi, että kuivumisaika-arvio on lähellä tavanomaisille rakenteille tehtyjä kuivumisaika-arviota esim. ontelolaatta + 80 mm pintavalu ja valituilla materiaaliarvoilla tulokset vastasivat kohtalaisen hyvin betonilaatutestin tulosta niin, että laskentatulokset on niin sanotusti varmalla puolella. Tulosten perusteella Deltapalkkirakenteen kosteusteknistä toimintaa voidaan mallintaa FEM-laskennalla kohtalaisen luotettavasti. Aiheesta on julkaistu artikkeli *Rakennusfysiikka 2015* -seminaarijulkaisussa ISBN 978-952-15-3580-2: Betonirakenteiden kosteus-

käyttäytymisen arviointi mallintamalla, Pauli Sekki (Vahanen Oy) ja Klaus Viljanen (Vahanen Oy, Aalto Yliopisto).

Deltapalkkirakenteen kosteusteknisen toimivuuden tutkimukset valmiissa ja rakenteilla olevissa kohteissa

Deltapalkkirakenteilla toteutettujen kohteiden jälkimittauksia tehtiin vuosina 2007, 2012 ja 2014 valmistuneisiin kohteisiin. Lattiapäällysteinä oli eri päällystemateriaaleja (tekstiilimatto 2012, muovimatto 2012 ja 2014, linoleum-matto 2007). Tulosten perusteella rakennekosteus poistuu rakenteen ikääntyessä. Kuvassa 6 on koottuna valmiista kohteista mitatut viiltomittaukset heti päällysteen alta mattoliimasta sekä rakennekosteusmittaukset 70 mm syvyydeltä.

VTT:n koekappaleiden jatkokestoin perusteella havaittiin, että hyvin pintaosistaan kuivuneella rakenteella Deltapalkin sisällä oleva kosteus vaikuttaa vain hieman päällystykseen jälkeisiin kosteuksiin heti päällysteen alla. Testissä kosteudet päällysteen alla pysyivät reilusti hyväksyttävällä tasolla, vaikka linoleumin tapauksessa päällysteen alle oli jäänyt kohtalaisen paljon kosteutta tasoituksesta.

Tarkastelujen perusteella havaittiin käytännössä, että tavanomainen K30 saumabetoni on kuivumisominauksiltaan heikkolaatuista ja betonista kuivatettavan veden määrä on suuri. Betonilaadun tärkeyttä rakenteen kuivumisen kannalta ei ehkä yleisesti ymmärretä riittävän hyvin eikä toisaalta uskota, kuinka hitaasti korkean vesisementtisuhteen betonin kuivuu. Esi-

merkiksi testissä käytetyn saumabetonin vesimäärä olisi ollut miltei puolitetussa, mikäli olisi käytetty korkeampi lujuuksista pienemmän vesisementtisuhteen betonia. Mikäli betonia ohjeiden vastaisesti vielä "notkistetaan" työmaalla, pumpataan tällöin rakenteeseen suuri määrä ylimääräistä vettä.

Betonilaadun merkitystä massiivisen valun kuivumiseen tarkasteltiin koekappaleilla, joilla pyrittiin simuloimaan Deltapalkin sisäosan (kaikilta pinnoilta suljettu koekappale) sekä Deltapalkin ja ontelolaatan välisen sauman (yläpinnasta avoin) kosteustilan muutosta eri betonilaaduilla. Testin perusteella nopeammin kuivuvilla suuremman lujuusluokan betoneilla tavanomaiseen K30 lujuusluokan betonilaatuun verrattuna. NP K40 betoni kuivui laboratorio-testissä päällystettävyyden tavoitekosteuteen noin 120 päivää valusta, kun SN K30 betonilla tavoitekosteutta ei saavutettu 160 päivän tarkastelujakson aikana. Todennäköisesti tavoitekosteus saavutetaan K30 betonilla noin 180 päivän kohdalla. Seuraavan aukeaman kuvassa 9 on esitetty eri betonilaatujen kuivuminen eri mittaussyvyyksillä.

Testi osoittaa, että massiivisenkin betonivalu saadaan kuivumaan nopeasti, kun käytetään korkeamman lujuusluokan ja matalan vesisementtisuhteen betonia. Testissä käytettyjen betonien vesisementtisuhteet olivat K30 0,76 ja NP K40 0,45.

Deltapalkkirakenteen kosteustilan muutosta tutkittiin myös käytännön kohteissa



7

Peikon käynnissä olevalla laajennustyömaalla. Tavoitteena oli seurata betonirakenteiden kosteutta mahdollisimman aikaisesta vaiheesta lähtien. Kohteessa testattiin käytännössä Deltapalkkien kuivausta lämmityslangoilla sekä tarkasteltiin eri betonilaatujen kuivumista käytännön olosuhteissa. Rakenteena oli Deltapalkki D26-400, ontelolaatta OL27 pintalaatalla 60 mm. Rakentamisen aikana asennettujen seuranta-putkien kautta rakennekosteuden kuivumista voidaan seurata jopa useita vuosia. Tulosten perusteella NP K40 betoni kuivuu nopeammin ilman lämmityskaapeleita Deltapalkin sisältä ja saumavalun kohdalta kuin tavanomainen K35 betoni lämmityskaapeleilla. Nopeimpaan kuivumiseen päästään, kun käytetään K40 betonia lämmityslangoilla. Kohteen päällysteenä käytettävän tekstiilimaton tavoitekosteus oli RH 90 %, joka saavutettiin K35 betonilla noin 160 päivässä, K40 betonilla 130 päivässä ja lämmityslankoja käytettäessä K40 betonilla jo noin 90 päivässä valusta. Työmaalla tehtyjen haastattelujen perusteella eri betonilaatujen työstettävyydessä ei koettu olevan eroa.

Yhteenveto kosteudenhallinnan avainkohdista

Kosteudenhallinnassa kaikilla osapuolilla on roolinsa, jotta päästään onnistuneeseen lopputulokseen. Rakennuttaja asettaa vaatimukset

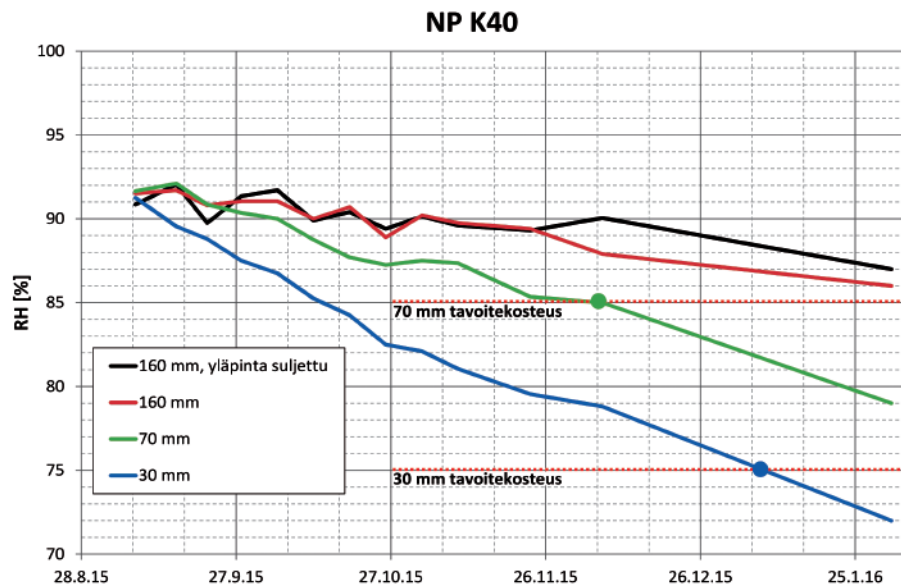
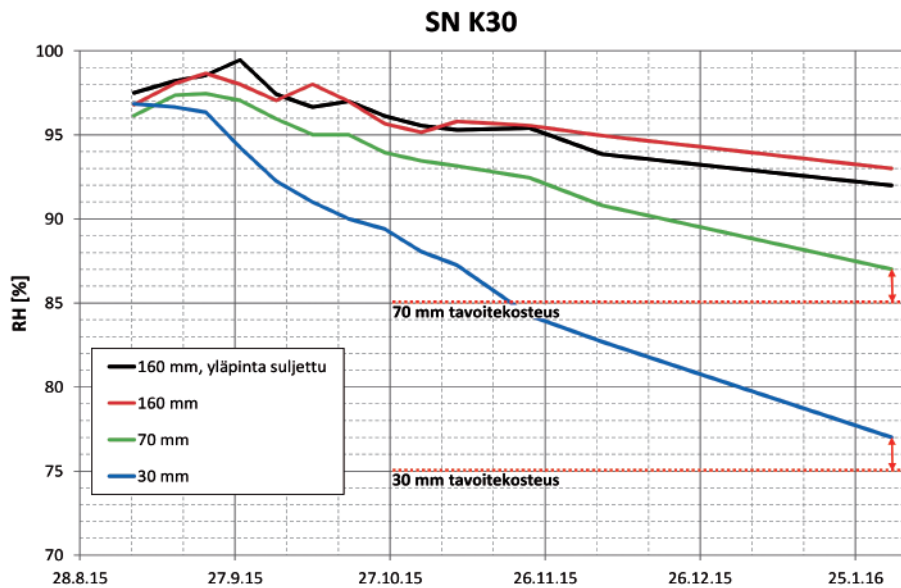


8

7 Lämmityslankoja käyttämällä Deltapalkin sisällä voidaan edelleen nopeuttaa betonirakenteiden kuivumista.

8 Deltapalkin oikeaoppinen betonivalu.

Päällystettyjen elementtirakenteiden välipohjien kosteustekninen toimivuus osana rakennuksen tervettä elinkaarta



9 Koekappaleiden kosteudenseurantamittaukset. Valupäivä oli 28.8. ja ensimmäiset mittaukset tehtiin 10 päivää valusta. Seurantamittauksia tehtiin noin 160 päivän ajan. Päällystämisen kannalta useimmin sovellettavia tavoitekosteuksia ei saavutettu K30 betonilla, mutta K40 betonilla tavoitekosteudet saavutettiin ja tarkastelujakson lopussa jopa 320 mm korkean koekappaleen keskipisteen suhteellinen kosteus on lähellä useimmille päällysteille asetettua kriittistä suhteellista kosteutta 85 %.

10 Betonirakenteita päällystettäessä tulee aina luotettavin kosteusmittauksin varmistua, että betonirakenteet ovat kuivuneet riittävästi ennen päällystystä.

misaika Deltapalkin sisäosaan. Lämmityslan-koja käyttämällä voidaan edelleen nopeuttaa betonirakenteiden kuivumista. Lämmityslan-kojen sijoittamisessa laskennallisen tarkastelun tulos tukee kokemuksia siitä, että paras tulos saadaan, kun lämmityslangat on sijoitettuna Deltapalkin sisälle. **Tiiviitä päällysteitä käytettäessä** tulee erityisesti varmistaa, että rakenteet ovat riittävän kuivat ennen rakenteiden päällystystä. Tiiviillä päällysteellä alhainen kosteus (yleensä RH 85 %) tulee saavuttaa syvimmässäkin mittaussyvytydessä, kun vesihöyryä hyvin läpäisevillä päällysteillä oleellisinta on saavuttaa sama lähempänä pintaa. Tiiviitä päällysteitä ovat esimerkiksi yksiaineiset muovimatot ja läpäiseviä päällysteitä esimerkiksi useimmat tekstiilipäällysteet.

Rakenteen kuivumista edesauttavat mm. seuraavat tekijät:

- Betonin seosvesimäärän vähentäminen
- Betonin lujuusluokan nostaminen
- Betonin maksimirunkoaineen kasvattaminen
- Betonipinnan auki hionta ja puhtaus
- Kastumisajan lyhentäminen
- Kuivumislämpötilan nostaminen
- Ympäristön ilmankosteuden alentaminen

Peruseriaatteena tulee olla, että kunkin kuivumiseen vaikuttavan tekijän kohdalla valinta tehdään kuivumista edistävään suuntaan, jolloin rakenteen kokonaiskuivumisaika voi lyhentyä

9

projektille, jotka ohjaavat suunnittelua sekä rakentamista. Suunnittelijoilla on oltava riittävä osaaminen ja tiedot käyttämistään ratkaisuista. Tuotevalmistajat vastaavat osaltaan tuotteidensa kosteusteknisestä toimivuudesta ja pitkäaikaiskestävyydestä sekä ohjeistuksesta, jotta rakenne toimii oikein koko rakennuksen elinkaaren ajan. Rakennusurakoitsija vastaa vuorostaan rakentamisaikaisesta kosteudenhallinnasta kuten suojaamisesta niin, että rakenteiden kastuminen ennen rakennusvaihan umpeen saantia minimoidaan ja hyvät kuivumisolosuhteet luodaan työmaalle mahdollisimman aikaisin. Toimenpiteillään urakoitsija varmistaa turvallisen ja kosteusteknisesti hyvin toimivan lopputuloksen. Tärkeitä toimenpiteitä ovat mm. kosteustapahtumien tarkka dokumentointi ja niiden edellyttämien vedenpoisto- ja kuivaustoimenpiteiden laadukas toteutus. Rakennushankkeen aikana tulee

tuottaa riittävät tiedot myös rakennuksen ylläpidolle ja käytölle rakennuksen ja järjestelmien toiminnasta, jotta rakenteita tai rakennuksen sisäilmaa ei pilata väärällä käytöllä.

Betonirakenteita päällystettäessä tulee aina luotettavin kosteusmittauksin varmistua, että betonirakenteet ovat kuivuneet riittävästi ennen päällystystä. Näin varmistetaan, että kosteus heti päällysteen alla ei missään rakennuksen elinkaaren vaiheessa nouse yli pintarakenteen kosteudenkestokyvyn. Deltapalkin sisältä siirtyy kosteutta hitaasti saumavaluun, mikä tulee huomioida päällystettävyyttä arvioitaessa. Päällystettävyydskosteus on kuitenkin saavutettavissa tavanomaisen rakennusaikataulun puitteissa. **Parhaat lähtökohdat** rakenteen kosteustekniselle toimivuudelle saadaan käyttämällä alhaisen vesisementtisuhteen betonia, jolloin saavutetaan tehokkaamman kemiallisen kuivumisen ansiosta nopeampi betonin kuivu-



10

esimerkiksi 8 kuukaudesta 4–6 kuukauteen. Beto- nilaadun valinnassa tulee huomioida lisäksi luonnollisesti betonin hyvä valettavuus kysei- seen rakenteeseen. On huomattava, että päälly- tettäessä betonirakenteita, voidaan tasointa ja liimausvaiheessa vielä tehdä työvirheitä, joiden seurauksena kosteus päällysteen alla nousee korkeaksi, vaikka betonin mittaussyvyyksillä kosteus on riittävän alhainen. Myös tasoitteen riittävä kuivuminen tulee varmistaa kosteus- mittauksin.

Deltapalkkeja on toimitettu 90-luvun alusta yli 10 000 kohteeseen maailmanlaajuisesti ja tuhansiin kohteisiin Suomessa. Käytännön kokemusten perusteella Deltapalkkirakenteet ovat kosteusteknisesti toimivia. Myös Delta- palkkirakenteiden tutkimuksessa todettiin rakenteet kosteusteknisesti toimiviksi. Tutki- muksessa lisäksi tunnistettiin ja dokumentoitiin suositeltavat käytännön keinot, joilla voidaan luoda parhaat edellytykset hankkeen kosteus- turvalliseen toteutukseen käytettäessä Delta- palkkirakenteita.

Moisture performance of covered prefabricated floors

Peikko Finland Oy ordered from Vahanen Oy a study of the moisture performance of covered prefabricated floors. The objective was to produce information about the moisture performance of Deltabeam structures and to prepare instructions to ensure the moisture performance of the structure throughout the lifespan of the building.

The Deltabeam manufactured by Peikko is used as the loadbearing primary structure in prefabricated floors. The study produces information on what needs to be taken into consid- eration in terms of the construction schedule, the selected materials and the practices and methods used to ensure that a good end result is achieved.

Deltabeam is filled with concrete on the construction site. As Deltabeam is made of solid steel, with the exception of the holes in the sides, the curing of the concrete takes place chemically and through the perforated sides into the joint casting. The drying rate of the structure depends on the structural solution used, the concrete quality used for structural concreting, and the drying conditions.

When concrete structures are covered, reli- able moisture measurements must always be carried out to verify the adequate drying of the concrete structures before they are covered. This ensures that moisture immediately under the covering will not exceed the moisture resistance

of the top structure at any point of the build- ing's life cycle. Moisture is slowly transferred from inside the Deltabeam into the joint casting, which needs to be accounted for in the assess- ment of readiness for covering.

However, the readiness for covering with respect to moisture can be achieved within a normal construction schedule. The best condi- tions for the moisture performance of the struc- ture can be created by using concrete with a low water to cement ratio, as this will shorten the drying time of the concrete inside the Deltabeam thanks to more efficient chemical drying. The drying of the concrete structures can be further sped up through the use of heating wires. The result of an analysis based on calculations sup- ports previous experience related to the location of the heating wires and confirms that the best result is obtained by placing the heating wires inside the Deltabeam. Particularly when using a water-tight covering, it shall be verified that the structures are adequately dry before they are covered.

With a water-tight covering, a low moisture percentage (usually RH 85%) must be achieved even at the deepest measurement point, while with coverings with high vapour permeability the essential thing is to obtain this value closer to the top surface. Single-component plastic floor- ings are an example of a water-tight covering, whereas most textile covers have high vapour permeability.