



ERISTERAPATUN LEVYSEINÄN LUJUUSARVOT TUULEN IMURASITUSTA VASTAAN

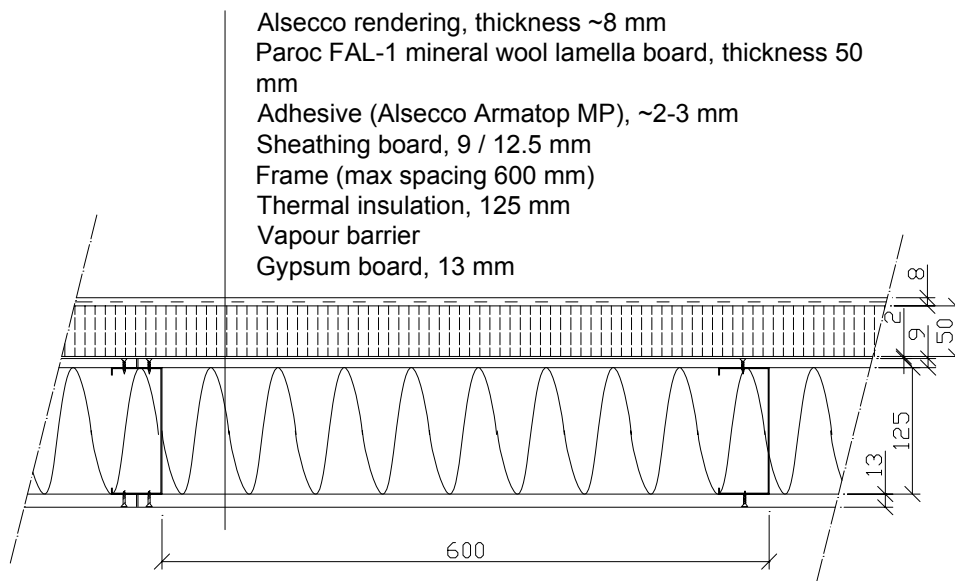
1 TAUSTAA

Tampereen teknillisellä yliopistolla on tehty tuotekehitystutkimusta eristerapatun levyseinärakenteen toiminnasta tuulirasituksen suhteen. Tutkimuksesta on laadittu englanninkielinen tutkimusselostus (Test report 1535) päiväyksellä 11.12.2006.

Tämä lausunto on suomenkielinen lyhennelmä ja kooste tutkimuksen tuloksista. Lukijan on syytä tutustua myös varsinaiseen tutkimusselostukseen, koska kaikkia tulosten tulkinnassa tarvittavia tietoja ei ole sisällytetty tähän lyhennelmään.

2 RAKENNE

Tutkimuksessa tutkittiin levyseinän päälle tehtävän eristerappauksen toimintaa (kuva 1). Tämä rakenne poikkeaa lujuustekniseltä toiminnaltaan normaalista eristerappauksesta siten, että rappauspinnalle tasaisesti kohdistuva tuulen imurasitus siirtyy pistemäisinä kiinnikkeiden voimina runkorakenteeseen.



Kuva 1. Tutkimuksen kohteena ollut rakenne.

3 TULOKSET

Tutkimuksessa tehtyjen kokeiden koejärjestelyt ja tulokset on esitetty tutkimusselostuksen 1535 liitteinä. Testatut kiinnitystavat ja kokeissa käytetyt kosteusolosuhteet sekä rakenteen lujuus- ja kosteusfysikaaliset analyysit on myös esitetty varsinaisessa tutkimusselostuksessa.

Tässä lausunnossa esitetään vain koetulosten koostetaulukot, joihin on laskettu kunkin koesarjan mukainen ominaisarvo vähentämällä koesarjan keskiarvosta kolme kertaa keskihajonta. Ominaisarvon laskennassa aineisto oletettiin normaalijakautuneeksi.

Lausunnon saa kopioida vain kokonaisuudessaan



Koesarjojen lyhyden (5 koetta/variaatio) takia tämän jakautuma oletettaman paikkansapitävyyttä ei voi tilastollisesti tarkastella.

Levyn keskialueella olevien ruuvikiinnitysten ulosvetokokeiden tulosten koostetaulukko

Koe-sarja	rakenne	Kosteus-tila	Kiinnitys-tapa**	Lkm	Keskiarvo (kN)	Keski-hajonta (kN)	Ominais-lujuus (kN) *
A200N	Levy = Knauf KXT	kuiva	hyvä	5	0,602	0,059	0,424
UA1	Kiinnike = normaali	RH80%	ideaali	5	0,410	0,030	0,318
UA2	kipsilevyruuvi	RH80%	hyvä	5	0,244	0,026	0,166
UA3		RH80%	huono	5	0,097	0,005	0,082
A200N	Levy = Knauf KXT	kuiva	hyvä	5	0,660	0,077	0,430
L	Kiinnike = leveä peltiruuvi	RH80%	hyvä	5	0,334	0,071	0,121
H	Knauf KXT+hakanen	RH80%	hyvä	5	0,119	0,019	0,061
B200A	Levy = Aquapanel	kuiva	hyvä	5	0,740	0,004	0,727
UB1	Kiinnike = Aquapanel-ruuvi	RH80%	ideaali	5	0,729	0,003	0,721
UB2		RH80%	hyvä	5	0,724	0,005	0,708
UB3		RH80%	huono	5	0,606	0,084	0,355
VB1		RH94%	hyvä	5	0,730	0,006	0,713

* Aineisto oletettiin normaalijakautuneeksi. Ominaislujuus laskettiin vähentämällä keskiarvosta 3 kertaa keskihajonta.

** Koesarjoissa testattiin ruuvaussyvyyden vaikutusta lujuteen. Ideaali kiinnityksessä ruuvien kanta ei lainkaan vaurioida levyn rakennetta. Hyvä kiinnitystapa on ohjeiden mukainen ja huonossa kiinnityksessä levyyn syntyi valmiiksi rakenteellista vauriota.

RH80% kosteuspiitoisuudessa tehdyt reuna-alueen kiinnikkeparien vetokokeet

Koe-sarja	rakenne	leikatut reunat?	lisä-verkko? ***	Lkm	Keskiarvo (kN)*	Keski-hajonta (kN)	Ominaislujuus (kN) **
1	Levy = Knauf KXT	yes	no	5	0,5104	0,042	0,385
2	Kiinnike = normaali	no	no	5	0,4678	0,011	0,435
3	kipsilevyruuvi	yes	yes	5	0,465	0,037	0,355
4		no	yes	5	0,4364	0,017	0,387
5	Levy = Knauf KXT	yes	no	5	0,5236	0,063	0,334
6	Kiinnike = leveä	no	no	5	0,4604	0,035	0,356
7	kantainen peltiruuvi	yes	yes	5	0,4512	0,045	0,318
8		no	yes	5	0,4792	0,044	0,348
9	Levy = Knauf KXT	yes	no	5	0,2622	0,063	0,074
10	Kiinnike = hakanen	no	no	5	0,2662	0,085	0,012
11		yes	yes	5	0,2326	0,077	0,002
12		no	yes	5	0,3272	0,103	0,020
13	Levy = Knauf KXT	no	no	5	0,6992	0,051	0,547
14	Kiinnike = hakanen+liima	yes	no	5	0,7246	0,007	0,705
15	Levy = Aquapanel	no	no	5	0,7186	0,006	0,701
16	Kiinnike = Aquapanel ruuvi	yes	yes	5	0,7192	0,004	0,706

* Koetulos on aina kahden vierekkäisen kiinnikkeen muodostaman parin yhteislujuus.

** Aineisto oletettiin normaalijakautuneeksi. Ominaisarvo laskettiin vähentämällä keskiarvosta 3 kertaa keskihajonta

*** lisäverkolla tarkoitetaan levysauman vahvistukseksi asennettua rappausjärjestelmään kuuluvaa lasikuituverkkoa (kipsilevyn osalla vahvistuksesta ei kuitenkaan ollut hyötyä).

Lausunnon saa kopioida vain kokonaisuudessaan



4 RAKENTEEN LUJUUSMITOITUS

Tuulensuojalevy on kiinnitetty runkoon levyn keskeltä yksittäisten ruuvi muodostaman rivin avulla ja levysaumojen kohdalla sauman molemmin puolin olevien ruuvien muodostaman kiinnikeparin avulla. Rakenteen lujuusmitoitus tulee tehdä aina heikoimman kiinnityspisteen lujuuden mukaisesti.

Keskialueen koetuloksista tulee käyttää 80 % suhteellista kosteutta vastaavia koesarjoja (jotka on esitettyinä lihavoituna edellisen sivun taulukossa), koska tietokonemallinnusten mukaan kuvan 1 mukaisen virheettömänkin rakenteen kosteuspitoisuus nousee Suomen ilmastossa lähelle tuota tasoa.

RH 94 % kosteudessa tehty koesarja kuvaa rakenteen herkkyyttä työvirheiden aiheuttamalle rakenteen kastumiselle.

Keskialueen koesarjoissa toteutettu kiinnitystavan variointi kuvaa ratkaisun herkkyyttä työtekniikalle ja sen laadun vaihtelulle. Rakenteen mitoituksessa voidaan käyttää hyvää työtapaa vastaavia koetuloksia, mutta tämän laatuason saavuttaminen edellyttää työntekijöiden huolellista ohjeistamista ja työnlaadun valvontaa.

Yksittäiselle kiinnikkeelle tai kiinnikeparille tuleva tuulen imurasituksesta syntyvä voima on riippuvainen kiinnitystiheydestä ja rakennuksen korkeudesta sekä rakennuspaikan tuulisuudesta.

Rakenteen lujuusmitoituksessa käytettävä laskentalujuus saadaan jakamalla ominaislujuus rakennetyyppi- ja materiaalkohtaisella osavarmuuskertoimella, joka on riippuvainen esim. rakenteen murtotavasta. Tälle rakenteelle ei ole vielä olemassa hyväksyttyä varmuuskerrointa, mutta tutkimuslaskelmissa on käytetty kerrointa 1,3, joka on käytössä kipsilevyjen avulla tehtyjen jäykistysten laskennassa.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Koetulosten perusteella voidaan tehdä seuraavat johtopäätökset.

Jokainen rakennus tulee suunnitella siten, että se kestää kuormitusmääräysten mukaisen tuulirasituksen. Kiinnikkeiden vetolujuus on määräävä tekijä tuulen imurasituksen kestävyys-suhteen.

Yksittäisen kiinnikkeen suunniteltu lujuus tulisi varmuuskertoimet huomioon ottaen olla vähintään 1½-kertainen rasitukseen nähden jotta viereiset kiinnikkeet pystyisivät kantamaan yksittäisen kiinnityspisteen vaurioitumisesta tai työvirheestä syntyvän lisärasituksen.

Kosteuden vaikutus rakenteen kestävyys-suhteen tulee ottaa huomioon. Virheettömässä rakenteessa tuulensuojalevyn kosteuspitoisuus määräytyy sen eri puolilla olevan eristekerroksen paksuuden mukaan. Kuvan 1 rakenteella kosteuspitoisuus jää laskelmien mukaan alle RH 80 % tason viikkokeskiarvoina tarkasteltaessa.

Kuitenkin on otettava huomioon, että käytännön rakenteissa pintakerroksen vaurioituminen tai liitosten huono toteutus voi paikallisesti lisätä rakenteen kosteuspitoisuutta ja aiheuttaa jopa paikallisen lujuuden menetyksen.

Kiinnikkeiden tiheys vaikuttaa suoraan rakenteen tuulikuorman kestävyys-suhteen. Levyvalmistajan ohjeiden mukaiset kiinnikkeet ja 150 mm kiinnitysväli on useimmissa tapauksissa riittävä.

Lausunnon saa kopioida vain kokonaisuudessaan



5.1 Knauf KXT -kipsilevyllä tehty rakenne

Hakasilla ja polyuretaaniliimalla tehdyn rakenteen lujuus vastasi reuna-alueen kokeissa 75 mm ruuviväliä normaalikiinnikkeillä.

Liimatun rakenteen ja 100 mm ruuvivälillä tehdyn ruuvatun rakenteen lujuus todettiin riittävän korkeaksi mataliin rakennuksiin. Tehdyt esimerkkilaskelmat osoittivat lujuuden riittäväksi 3 kerroksisen tuulelta suojaisessa paikassa sijaitsevan rakennuksen tapauksessa.

Kuitenkin on otettava huomioon, että kipsilevyn lujuus heikkenee merkittävästi kosteuden ja/tai työtekniisten virheiden takia, joten sitä ei suositella käytettäväksi kohteissa, joissa rakenteen sortuminen voi aiheuttaa esimerkiksi henkilövahinkoja.

5.2 Knauf Aquapanel-levyllä tehty rakenne

Aquapanel-levyn kiinnityspisteiden lujuus ei heikentynyt kosteuden takia. Kuitenkin rakenne on aina suunniteltava siten, että suora sadeveden tunkeutuminen eristeisiin ei ole mahdollista.

Aquapanel ei ollut myöskään niin herkkä ruuvaustyössä tehtäville virheille kuin kipsilevyrakenteet. Levyn kovuudesta johtuen liian syvälle tehtävän ruuvikiinnityksen todennäköisyys on myös merkittävästi pienempi kuin kipsilevyllä.

Aquapanel-rakenteen lujuus 150 mm kiinnikevälillä todettiin riittävän suureksi kaikkiin normaaleihin kerrostalokohteisiin. 8-kerroksisen ja tuulelle alttiissa paikassa olevan rakennuksen mitoitusarvoilla tehty esimerkkilaskelma osoitti vielä 200 % ylimääräistä lujuuskapasiteettia materiaalin osavarmuuskertoimen 1,3 lisäksi.

Tampereella 21.12.2006

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Rakennustekniikan laitos

Matti Pentti,
professori, tekniikan tohtori

Jommi Suonketo,
tutkija, diplomi-insinööri

Lausunnon saa kopioida vain kokonaisuudessaan