

KIVIAINEKSISEN LAATAN JOUSTAVIEN REUNALIITOSTEN VAIKUTUS ILMAÄNENERISTÄVYYTEEN

Jukka Keränen¹, Valtteri Hongisto¹, Jarkko Hakala¹

¹ Turun ammattikorkeakoulu
Joukahaisenkatu 7
20520 TURKU
nimi@turkuamk.fi

Tiivistelmä

Massiivisia kiviainesseinä käytetään yleisesti rakennusten ulko- ja väliseiniinä. Massiivisen seinän ja ympäröivien raskaiden rakenteiden liitostapojen vaikutuksesta ilmaääneneristävyyteen on kuitenkin hyvin vähän systemaattista tutkimustietoa. Tässä tutkimuksessa mitattiin harkkoseinän kokonaishäviökerroin ja ilmaääneneristävyys, kun seinän reunaliitokset toteutettiin jäykkänä, kolmelta reunalta joustavina tai kaikilta reunoilta joustavina. Samanlainen harkkoseinä rakennettiin akustiikkalaboratorion testausaukkoon kolme kertaa peräkkäin edellä kuvatuilla reunaliitoksilla. Mittaustulokset osoittivat, että erottavan seinän ilmaääneneristävyys heikkeni seinän joustavien reunaliitosten osuuden kasvaessa. Jäykällä reunaliitoksilla ilmaääneneristysluku R_w oli 50 dB, kolmelta reunalta joustavilla liitoksilla 45 dB ja kaikilta reunoilta joustavilla liitoksilla 43 dB. Ilmaääneneristävyys heikkeni selvästi 1/3-oktaavikaistoilla 250–2000 Hz eli harkkoseinän kriittisen taajuuden 185 Hz yläpuolella. Vastaavasti seinärakenteen kokonaishäviökerroin pieneni johdonmukaisesti 1/3-oktaavikaistoilla 250–2000 Hz, kun joustavien reunaliitosten osuus kasvoi. Tulosten perusteella voidaan yleistää, että kiviaineslaatan ilmaääneneristävyys heikkenee, kun sen reunaliitokset sivuaviin raskaisiin rakenteisiin muuttuvat joustavammiksi. Tulos pätee myös kenttäolosuhteissa. Joustavammilla reunaliitoksilla värähtelyenergiaa siirtyy sivuaviin rakenteisiin vähän, koska reunaliitoksista heijastuu suurin osa värähtelyenergiasta takaisin seinään. Tämä puolestaan lisää äänensäteilyä ja heikentää ilmaääneneristävyyttä.

1 JOHDANTO

Kiviaineksinen laatta voidaan liittää ympäröiviin rakenteisiin joko jäykästi tai joustavasti. Jäykässä tapauksessa se muurataan tai juotetaan kiinni ympäröivään rakenteeseen. Joustavassa liitoksessa kiviaineslaatan ja ympäröivän rakenteen välissä on joustava kerros (liikuntasäily). Matemaattisessa mallinnuksessa puhutaan rakenteen reunaehdoista. Jäykässä liitoksessa äänienergia siirtyy vapaasti ympäröiviin rakenteisiin (absorboiva reunaehto), kun taas joustava liitos heikentää äänienergian siirtymistä (heijastava reunaehto). Laatan eri syrjillä voi olla erilaisia reunaehdoja. Jäykät liitokset aiheuttavat helpommin sivutiesiirtymiä eli äänen kulkeutumista tiloja erottavan laatan ohi sivuavia yhtenäisiä rakenteita pitkin. Tästä johtuen joitakin laattaliitoksia toteutetaan joustavasti.



© 2021 Jukka Keränen, Valtteri Hongisto ja Jarkko Hakala. Tämä on avoimesti julkaistu teos, joka noudattaa Creative Commons NIMEÄ 4.0 Kansainvälinen – lisenssiä (CC BY 4.0). Teosta saa kopioida, levittää, näyttää ja esittää julkisesti ja siitä saa luoda johdannaisteoksia, kunhan tekijän nimi ja lähde mainitaan asianmukaisesti.

Yksinkertaisen kiviaineksisen seinän liitostavoista ympäröiviin raskaisiin rakenteisiin on erittäin vähän järjestelmällistä kokeellista tutkimustietoa ilmaääneneristävyyden osalta. Tämän tutkimuksen tavoite oli selvittää rakennusakustisin mittauksin, miten kiviaineksisen seinän kokonaishäviökerroin ja ilmaääneneristävyys muuttuvat, kun sen reunaliitokset toteutetaan jäykkänä, kolmelta sivulta joustavina tai kaikilta sivuilta joustavina.

2 MATERIAALIT JA MENETELMÄT

2.1. Tutkitut seinärakenteet

Tutkittava kiviaineksinen seinä oli 130 mm paksu massiivinen harkkoseinä (Saint-Gobain Finland Oy, Weber Kahi Runkopontti 300x130x198). Harkkoseinän ominaisuuksia tutkittiin kolmella eri asennustavalla (Taulukko 1). Jokainen seinä muurattiin testausaukkoon samalla tavalla käyttäen samoja rakennusmateriaaleja, tarvikkeita ja pinnoitteita. Harkkojen välissä käytettiin ohutsaumamuurauslaastia (webervetonit OL15). Seinä tasoi-tettiin molemmin puolin tasoitelaastilla ja maalattiin. Rakentamisessa noudatettiin työoh-jeita ja niiden mukaisia kuivumisaikoja. Reunaliitosten joustavuus tarkistettiin kunkin asennustavan kohdalla huolellisesti kahden tutkijan toimesta ja dokumentoitiin. Mittauk-set tehtiin kullakin asennustavalla 7–9 päivää seinän valmistumisen jälkeen, jotta rakenne olisi kuiva.

Tasoitettuna harkkoseinän paksuus oli 135–140 mm ja pintamassa 216 kg/m².

Reunaliitosten detaljit olivat seuraavat:

- Jäykät liitokset toteutettiin pystyreunoilla ankkuroimalla harkko testausaukon kehäveneriin vannenauhalla 500 mm välein (upotus harkkoon 200 mm) ja muuraamalla rako umpeen (webervetonit 6000 Pikamassa). Alareunalla harkot ohutsaumamuurattiin suoraan kehäveneriin. Yläreunalla käytettiin pelkästään muurausta.
- Joustava liitos 1 (yläreuna, pystyreunat) toteutettiin asentamalla rakoon 16 mm vaahtomuoviputkieriste, tilkevilla (Paroc Pro Loose Mat 50) ja lopuksi saumausmassa (Illbruck SP525) molempiin pintoihin.
- Joustava liitos 2 (alareuna) toteutettiin asentamalla rakoon 130 mm leveä ja 25 mm paksu värähtelyeriste (Getzner Sylomer SR55-25).

Taulukko 1. Tutkitut asennustavat 1, 2 ja 3.

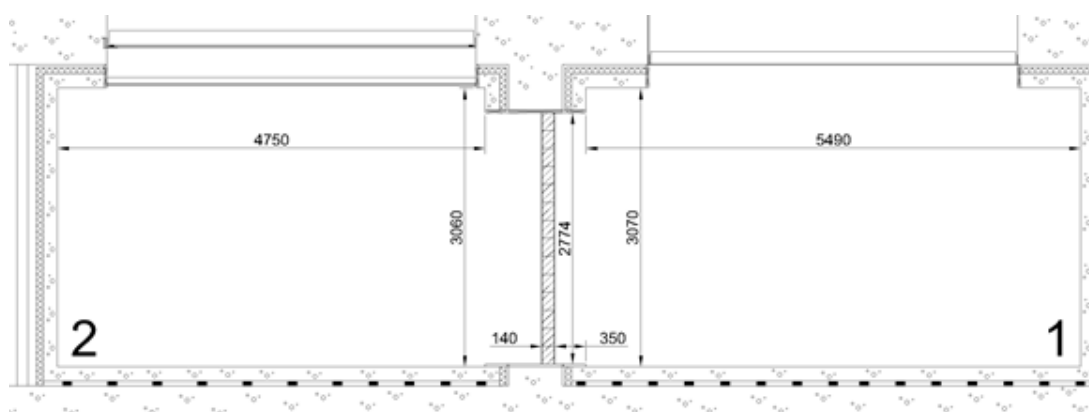
Asennustapa	Harkkoseinän liitokset sivuaviin rakenteisiin
1	jokaisella neljällä reunalla jäykkä liitos
2	alareunalla jäykkä liitos, pystyreunoilla ja yläreunalla joustava liitos 1
3	alareunalla joustava liitos 2, pystyreunoilla ja yläreunalla joustava liitos 1

2.2. Menetelmät

Mittaukset tehtiin Turun akustiikkalaboratorion kaiuntahuoneiden 1 ja 2 välisessä testausaukossa (Kuva 1). Testausaukon leveys on 3611 mm ja korkeus 2774 mm, joten testinäytteen ala on 10.0 m². Syvyys suunnassa testausaukko koostuu kolmesta osasta, joista laitimmaisat ovat lähety- ja vastaanottohuoneen seiniä ja keskimäinen on yhteydessä rakennuksen runkoon. Harkkoseinä asennettiin keskimäiseen osaan. Kaiuntahuoneet 1 ja 2 on värähtelyeristetty rakennuksen rungosta (vähintään 20 dB yli 50 Hz taajuuksilla). Näin ollen harkkoseinä ei ollut mekaanisesti kytketty kumpaankaan huoneeseen eikä si-vutiesiirtymiä muodostu.

Ilmaääneneristävyys mitattiin ISO 10140-2 standardin [1] mukaan ja ilmaääneneristysluku määritettiin ISO 717-1 standardin [2] mukaan. Kaiuntahuoneeseen 1 tuotettiin kaiuttimilla suuri äänenpainetaso. Äänenpainetaso mitattiin äänitasomittarilla 1/3-oktaavikaistoilla 50–5000 Hz samanaikaisesti kaiuntahuoneissa 1 ja 2. Lisäksi mitattiin kaiuntahuoneen 2 jälkikaiunta-aika ISO 3382-2 standardin [3] mukaan. Mittaustuloksista määritettiin ilmaääneneristävyys R , ilmaääneneristysluku R_w sekä spektripainotustermi C ja C_{tr} .

Kaiuntahuoneiden 1 ja 2 välillä suurin mitattavissa oleva ilmaääneneristävyys R_{max} mitattiin käyttäen äänieristerakennetta, joka koostui massiivisesta tiiliseinästä (360 kg/m^2), 475 mm kaviteetista (mineraalivillatäyte 80 %) ja kahdesta 13 mm kipsilevystä (10 kg/m^2), jotka oli asennettu kaiuntahuoneen 2 puoleiseen testausaukon osaan. Tuloksena saatiin $R_w = 75 \text{ dB}$. Koska R_{max} oli kaikilla 1/3-oktaavikaistoilla yli 6 dB suurempi kuin yhdellekään harkkoseinän asennustavalle 1, 2 tai 3 mitattu arvo, voidaan todeta, että sivutietyksiirtymät eivät vaikuttaneet harkkoseinälle saatuihin tuloksiin saatikka tutkimuksemme johtopäätöksiin.



Kuva 1. Harkkoseinän asennuspaikka testausaukossa kaiuntahuoneiden 1 (lähetyshuone) ja 2 (vastaanottohuone) välissä.

Levyrakenteen kokonaishäviökerroin koostuu rakenteen sisäisistä häviöistä, kytkentähäviöistä ja säteilyhäviöistä. Asennustapojen 1, 2 ja 3 oletetaan vaikuttavan vain kytkentähäviöihin, koska harkkoseinä oli jokaisessa tapauksessa rakenteeltaan sama (muurauksen teki aina sama henkilö, jolla työkokemusta yli 20 vuotta).

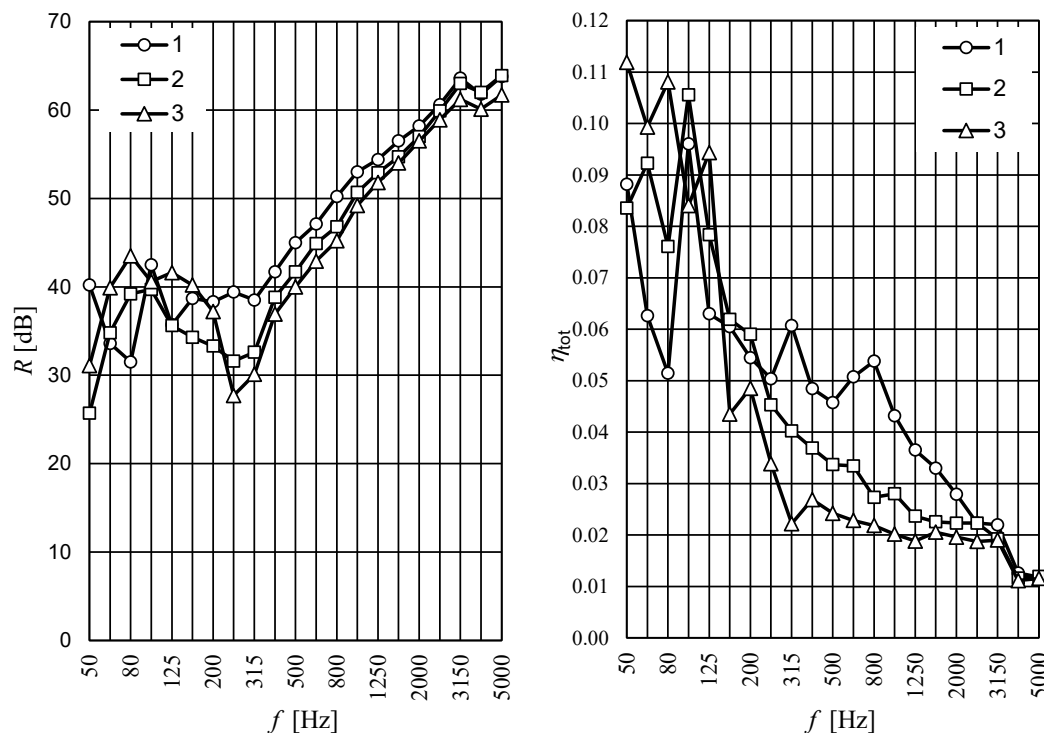
Harkkoseinän kokonaishäviökerroin määritettiin mittaamalla harkkoseinän rakenteellinen jälkikaiunta-aika [4] käyttäen värähtelyanturia, reaaliaika-analysaattoria ja kumivasaran iskua impulssiherätteenä. Mittaus tehtiin 1/3-oktaavikaistoilla 50–5000 Hz. Kokonaishäviökerroin η_{tot} määritettiin yhtälöllä

$$\eta_{tot} = 2.2 / (f \cdot T_s) \quad (1)$$

missä f on 1/3-oktaavikaistan keskitaajuus [Hz] ja T_s on rakenteellinen jälkikaiunta-aika [s].

3 TULOKSET

Kuvassa 2a esitetään mitatut ilmaääneneristävyydet R ja kuvassa 2b mitatut kokonaishäviökertoimet η_{tot} asennustavoilla 1, 2 ja 3. Taulukossa 2 esitetään R_w , C ja C_{tr} .



Kuva 2. a) Mitattu ilmaääneneristävyys R taajuuden f funktiona asennustavoilla 1, 2 ja 3. b) Mitattu kokonaishäviökertoimen η_{tot} taajuuden f funktiona asennustavoilla 1, 2 ja 3.

Taulukko 2. Ilmaääneneristysluvut R_w sekä spektripainotusermit C ja C_{tr} taulukossa 1 esitetyillä asennustavoilla 1, 2 ja 3.

Asennustapa	R_w [dB]	C [dB]	C_{tr} [dB]
1	50	-2	-4
2	45	-1	-4
3	43	-1	-4

4 POHDINTA

Harkkoseinän ilmaääneneristävyys R heikkeni merkittävästi, kun joustavien reunaliitosten osuus kasvoi. Asennustavalla 1 R_w oli 50 dB (Taulukko 2). Asennustavalla 2, jossa kolme reunaliitosta oli joustavia, R_w putosi arvoon 45 dB. Kun kaikki reunaliitokset olivat joustavia (asennustapa 3), R_w putosi edelleen arvoon 43 dB. Koska laboratorion sisäinen mittauserävarmuus (toistettavuuskeskihajonta s_r) on alle 2 dB R_w , ovat asennustavoille saadut erot varmoja. Asennustavalla ei ollut vaikutusta spektripainotusermeihin C ja C_{tr} (Taulukko 2), kun mittauserävarmuus otetaan huomioon. Löydökset ovat uusittavissa myös muissa laboratorioissa, joissa sivutiesiirtymät kaiuntahuoneiden välillä on estetty.

Todellisissa rakennuksissa asennustapojen 1, 2 ja 3 erot ovat todennäköisesti tässä tutkimuksessa havaittuja pienempiä, koska huoneita ei voida mekaanisesti eristää tutkittavasta seinästä ja sivutiesiirtymät heikentävät mittaustulosta (koskee etenkin asennustapaa 1).

Ilmaääneneristävyyden heikkeneminen näkyi johdonmukaisesti terssikaistoilla 250–2000 Hz, jotka ovat tutkitun harkkoseinän kriittisen taajuuden 185 Hz yläpuolella (Kuva 2a). Kriittinen taajuus on ns. alin koinsidenssitaajuus, jota korkeammilla taajuuksilla taajuus, pintamassa ja kokonaishäviökerroin selittävät ilmaääneneristävyyden arvon. Vastaavasti kokonaishäviökerroin pieneni huomattavasti terssikaistoilla 250–2000 Hz, kun joustavien reunaliitosten osuus kasvoi (Kuva 2b).

Tulokset ovat yleistettävissä niin, että kiviaineksisen laatan ilmaääneneristävyys heikkenee, kun sen reunaliitokset sivuaviin raskaisiin rakenteisiin tehdään joustaviksi. Joustavilla reunaliitoksilla värähtelyenergian siirtyminen sivuaviin rakenteisiin on vähäistä. Tämä johtaa tilojen välisen ilmaääneneristävyyden heikkenemiseen, koska reunaliitoksesta heijastuu suurin osa värähtelyenergiasta takaisin laattaan. Tämä puolestaan lisää laatan äänensäteilyä ja heikentää siksi ilmaääneneristystä.

5 YHTEENVETO

Kiviaineksisen laatan ilmaääneneristävyys heikkenee, kun sen reunaliitokset sivuaviin raskaisiin rakenteisiin tehdään joustaviksi. Siksi joustavia reunaliitoksia ei kannata käyttää, jos tavoitteena on korkea ilmaääneneristävyys laatan erottamien tilojen välillä. Joustavat reunaliitokset (tai kokonaiset liikuntasaumamat) ovat sen sijaan hyödyllisiä, kun pyritään vähentämään värähtelyn siirtymistä ympäröiviin rakenteisiin ja pienentämään sivutiesiirtymiä. Tyypillinen esimerkki on alapohjalaatan katkaisu rivitaloissa huoneistojen välisen seinän kohdalla tai kevyiden rakenteiden joustava asennus huoneita erottavan rakenteen liitoksessa. Ylipäätään joustavia liitoksia tarvitaan ensisijaisesti sivuavaan rakenteeseen (sivutiesiirtymän esto), eikä huoneita erottavan laatan liitokseen.

6 KIITOKSET

Tutkimuksen rahoitti Saint-Gobain Finland Oy / Weber.

VIIITTEET

[1] ISO 10140-2. 2010. Acoustics. Laboratory measurement of sound insulation of building elements. Part 2: Measurement of airborne sound insulation. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

[2] ISO 717-1. 2013. Acoustics. Rating of sound insulation in buildings and of building elements. Part 1: Airborne sound insulation. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

[3] ISO 3382-2. 2008. Acoustics. Measurement of room acoustic parameters. Part 2: Reverberation time in ordinary rooms. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

[4] ISO 10140-4. 2010. Acoustics. Laboratory measurement of sound insulation of building elements. Part 4: Measurement procedures and requirements. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.