

Uudelleen käytettävien rakennustuotteiden työmaatestaus

- Teräksen Vickers-kovuusmittaus
- Liimapuun liimasauman lujuuden arviointi

Antti Koponen
Rasek Consulting Oy Ltd

Miksi kelpoisuuden osoittamista tarvitaan?

- Uudelleen käytettävän rakennustuotteen soveltuvuus aiottuun rakennuskohteeseen on aina arvioitava aiotun käytön, olosuhteiden ja voimassa olevien rakentamismääräysten mukaisesti
- Ehjänä irrotetun uudelleen käytettävän rakennustuotteen tuote-eräkohtaista arvioimista (esim. testaamista) tarvitaan seuraavista syistä:
 - Ehjänä irrotetun rakennustuotteen tuote-ominaisuudet eivät usein ole tiedossa
 - Uudessa kohteessa käyttöolosuhteet (mukaan lukien kuormitukset) ovat erilaiset
 - Rakentamismääräysten vaatimukset ovat muuttuneet
 - Tuotteiden testausmenetelmät ovat voineet muuttua vuosien kuluessa
 - Tietyt tuoteominaisuudet saattavat muuttua alkuperäisestä vuosien kuluessa
 - Uudelleen käytettäville rakennustuotteille voidaan tarvita niille kehitetty testausmenetelmä
 - Tarvitaan varmistus sille, että tuote täyttää vaatimukset suunnitellun käyttöiän ajan aiotussa rakennuskohteessa
- Testaamistarvetta voidaan vähentää hyödyntämällä alkuperäisiä tietoja ehjänä irrotetun rakennustuotteen ominaisuuksista ja tietoa alkuperäisestä käyttöolosuhteesta sekä tekemällä varmallä puolen olevaa kantavuuden mitoitusta

Kelpoisuuden osoittamisen menetelmät

1. Rakennuspaikkakohtainen varmentaminen (yleensä käytössä)

- rakennushankkeeseen ryhtyvän/suunnittelijan on selvitettävä rakennuspaikka-kohtaisesti, että tuote täyttää sitä koskevat olennaiset tekniset vaatimukset
- päteväksi katsottu selvitys voi perustua esimerkiksi vapaaehtoiseen sertifikaattiin, tutkimusraporttiin, laskentaan tai ulkopuolisen tahon tekemään lausuntoon
- viimekädessä rakennusvalvoja päättää, onko esitetyt selvitykset riittäviä

2. CE-merkintä (käytetään poikkeustapauksissa)

- kun purkutuetteen haltija haluaa
- kun harmonisoidun tuotestandardin piirissä olevaa markkinoille saatettavaa uudelleen käytettävää rakennustuotetta jatko käsitellään siten, että vähintään yhden perusominaisuuden arvot/luokat muuttuvat

Tuotemäärittelyt osana rakennuspaikkakohtaista varmentamista

- Helsingin kiertotalousklusterin toimesta ollaan tähän mennessä kehitetty tuotemäärittely-työkalu hyödynnettäväksi rakennuspaikkakohtaisessa varmennuksessa tietyille tyypillisille uudelleen käytettäville rakennustuotteille
- Kansainvälisessä ReCreate hankkeessa, jossa TTY mukana, laaditaan tuotemäärittelyjä erilaisille betonielementeille
- RTS:n vetämässä UURAKET-hankkeessa laaditaan myös tuotemäärittelyjä uudelleen käytettäville rakennustuotteille mukaan lukien purettujen rakennustuotteiden vaarallisten aineiden päästötarkastelut
- Näillä tuotemäärittelyillä ei ole viranomaismääräysten statusta, mutta ne helpottavat yhteisen näkemyksen hakemisessa kun rakennusvalvonnalle osoitetaan uudelleen käytettävien rakennustuotteiden kelpoisuutta aiotussa rakennuskohteessa

Kelpoisuustyökalu kaikkien osapuolien käytössä

- Helsingin Kiertotalousklusterin kotisivuilla on julkaistu tuotemäärittely-työkalu (excel- taulukoita), jota voi hyödyntää ehjänä irrotettujen rakennustuotteiden kelpoisuuden osoittamisessa niitä uudelleen käytettäessä.
- Tällä hetkellä työkalu kattaa seuraavat tuoteryhmät niiden tietyissä uudelleen käytön käyttökohteissa:

Tiilet, tiilielementit, liimapuu, kantavat teräspalkit ja -pilarit, ikkunat, ovet, kattotiilet

- Työkalun on tarkoitus laajentua kattamaan uusia tuoteryhmiä ja se kehittyy jatkuvasti tavoitteena mm. tarvittavien selvittelyjen helpottuminen kuitenkin rakentamisen turvallisuudesta ja toimivuudesta tinkimättä.
- Työkalun kehittäminen ja ylläpito tapahtuu jatkossa kiertotalouden eri tahoista koostuvan ohjausryhmän ohjauksessa.
- Työkalu löytyy linkistä: [Ehjänä irrotettujen rakennustuotteiden uudelleenkäyttö on nyt helpompaa – tutustu tuotekelpoisuuden osoittamisen määrittelyihin - Testbed Helsinki](#)

Vickers-kovuusmittaus

- Teräsrakenteiden lujuutta voidaan arvioida ainetta rikkomatta Vickers-kovuusmittarilla
- Ennen mittausta teräsrakenteen pinnasta hiotaan pois pinnoitteet niin että puhdas teräspinta on näkyvillä 3 – 5 cm² alueelta

Huom: hiekkapuhallettu pinta ei käy

- Mittarin kärki painetaan teräspintaa vasten, jolloin näytölle ilmestyy Vickers-kovuuslukema
- Kovuuslukeman ja teräksen murtolujuuden välinen riippuvuus on esitetty standardin EN-ISO 18265:2013 liitteessä
- Teräksen myötölujuuden ja murtolujuuden suhde vaihtelee välillä 1,1...1,5 - arvioinnissa käytettiin suhdetta 1,35



Tahvonlahden päiväkodin teräspilarien Vickers-kovuusmittaukset
- grillikatos, jätekatos ja kulkukatos – rakennettu 1990-luvulla



Tahvonlahden päiväkodin teräspilarit

- **Grillikatos:** teräspilarit \varnothing 114 x 4 mm, tunnus G
- **Jätekatos:** teräspilarit 50 x 50 x 4 mm, tunnus J
- **Kulkukatos:** teräspilarit 90 x 90 x 6 mm, tunnus KA (A-linja) ja KB (B-linja)
- Näytepalat laboratorioon
 - myötölujuus vetokokeella
 - iskulujuus -20 asteessa
 - kemiallinen analyysi



Vickers-kovuusmittaustulokset ja niiden vertailu

- **Grillikatos:** Teräslaatu Fe52D => myötölujuus 355 MPa
 - HV-kovuus (6 mittauksen keskiarvo): pilarit G1 ja G2= 133...143 => murtolujuus noin 450 MPa
 - Myötölujuus kovuusmittauksesta $450 \text{ MPa}/1,35 = 330 \text{ MPa}$ ja vetokokeesta = 327 MPa: ero -3 MPa
- **Jätekatos:** Teräslaatu Fe52D => myötölujuus 355 MPa
 - HV-kovuus (6 mittauksen keskiarvo): pilarit J1, J2 ja J3= 200...210 => murtolujuus noin 600 MPa
 - Myötölujuus kovuusmittauksesta $600 \text{ MPa}/1,35 = 440 \text{ MPa}$ ja vetokokeesta = 473 MPa: ero +33 MPa
- **Kulkukatos:** Teräslaatu St42 => myötölujuus 275 MPa
 - HV-kovuus (6 mittauksen keskiarvo): pilarit KA4, KA6, KA8, KA11, KA13, KB5, KB7, KB10, KB11 ja KB12 = 139...167 => murtolujuus noin 450...510 MPa
 - Myötölujuus kovuusmittauksesta $450 \text{ MPa}/1,35 = 330 \text{ MPa}$ ja vetokokeesta = 292 MPa: ero -38 MPa
- Tässä kohteessa kovuusmittausten tarkkuus $\pm 15 \%$ verrattuna vetokokeeseen

Johtopäätöksiä

- Vickers-kovuusmittaus on helppo ja nopea suorittaa työmaalla tai varastossa
 - 10 mittausta vie aikaa pintahiontoineen noin 2 tuntia kun mittaukset päästään tekemään lattiatasosta/maanpinnasta
- Vanhojen teräslaatu-merkintöjen perusteella arvioituihin teräksen myötölujuuksiin ei voi täysin luottaa
- Uudelleen käytettävän teräksen mitoituksessa käytettävän **myötölujuuden ominaisarvo** voidaan määrittää:
 - kerrotaan vanhojen teräslaatu-merkintöjen ja Vickers-kovuusmittausten perusteella määritetty teräksen myötölujuus kertoimella 0,7
 - kerrotaan vetokokeella määritetty teräksen myötölujuus kertoimella 1,0

Huom 1: Näistä kertoimista tullaan vielä keskustelemaan kelpoisuustyökalun ohjausryhmässä (pienennyskertoimen käyttö poikkeaa CEN/TS xxx 'Reuse of structural steel' protokollasta)

Huom 2: Kemiallinen analyysi tiedettävä, jos ruuviliitosten sijasta terästä on tarpeen hitsata

Kiwa Inspectan Vickers-kovuusmittauspalvelu

- Laitteistona käytetään ultraääneen perustuvaa UCI-timanttikärkimittaria (teräksen paksuus ≥ 3 mm) tai Leeb-kimmahduskuulamittaria (teräksen paksuus ≥ 20 mm)
- Tarjouksen purettavaksi suunnitellussa kohteessa, purkutyömaalla tai varastossa tehtävästä Vickers-kovuusmittauksista saa Anu Virralta/Inspecta, Helsinki
 - puh: 050 55 30 740
 - sähköposti: anu.virta@kiwa.com
- Vickers-kovuusmittausten työmaatestaus 10 kpl ja tulosten raportoinnin kustannus on noin 500 € (ALV 0 %) + km-korvaus ja päiväraha (vuonna 2023)

Liimapuupalkin liimasauman työmaatestaus

- porataan palkista lieriöporalla poranäyte
- poranäyte laitetaan testikehikon putkeen siten, että tutkittava liimasauma on putken leikkautumiskohdassa (putken mustan ja sinisen osan rajapinnassa)
- painetaan tunkilla poranäytteen liimasauma rikki ja analysoidaan murtopinnat silmämääräisesti





Jalkarannan Salen (Lahti) puretut liimapuupalkit

- mitat 0,24 x 1,2 x 19 m,
- rakennusvuosi 1989 - 1990



Etelärannan satamaterminaalin (H:ki) puretut liimapuukehät

- poikkileikkaus 0,24 x 0.55... 1,2 m, korkeus 5 m ja jänneväli 16 m
- rakennusvuosi 1959 - 1960

Finotrol ja XAMK liimasaumatutkimukset Mikkelissä

- Jalkarannan Sale

- näytepalkit A-B ja C-D
- puu kuusta
- liima PRF



- Etelärannan satamaterminaali

- näytepalkit E-F, G-H ja I-J
- puu mäntyä
- liima PRF



- XAMK laboratorioon EN 14080 liite C, menetelmän B delaminointitesti suoritettiin vertailuksi näytepalkeille C-D ja I-J paineastiassa



Liimasaumatutkimusten tulokset

- Työmaatestin puusta murtumisen tulokset [%]

Poranäytteet:	Yläpinnasta		Alapinnasta		
Liimasauma:	1	2	1	2	Keskiarvo
- Näytepalkki A-B:	A1: 80 %	-	B1: 100 %	B2: 80 %	87 %
- Näytepalkki C-D	C1: 60 %	C2: 20 %	D1: 20 %	D2: 90 %	48 %
- Näytepalkki E-F	E1: 90 %	E2: 100 %	-	-	95 %
- Näytepalkki G-H	G1: 90 %	G2: 95 %	-	-	93 %
- Näytepalkki I-J	I1: 60 %	I2: 95 %	J1: 100 %	J2: 85 %	85 %

- XAMK-laboratorion EN 14080 liite C menetelmän B delaminointitestin (1 sykli) tulokset

Kokonaisdelaminointi-%/maksimiaukeama-%

	Ennen testiä	Testin jälkeen	Muutos	Kokonaisdelaminointi vaatimus
- Näytepalkki C-D:	3,1 %/17,9 %	5,2 %/ 33,6 %*)	2,1 %	< 4 %
- Näytepalkki I-J:	2,5 %/10,5 %	4,7 %/16,5 %	2,2 %	< 4 %

***) yhdessä saumassa oli valmiiksi iso halkeama, joka aukeni testissä merkittävästi lisää**

Johtopäätöksiä

- Liimasauman työmaatestaus tapahtuu nopeasti ja liimapuupalkkeja rikkomatta – porareivät voidaan tarvittaessa täyttää sahanpuru-liimamassalla
- Liimapuupalkin liimasauman lujuutta voidaan työmaatestin perusteella pitää riittävänä keskimääräisen puusta murtumisen ollessa vähintään 80 %, kun liimana on käytetty PRF- liimaa (väriltään tumman punaruskea)

Huom 1: Testattavien liimasaumojen määrästä, %-vaatimuksesta ja pelkän työmaatestin riittävydestä tullaan vielä keskustelemaan kelpoisuustyökalun ohjausryhmässä

Huom 2: Lisätutkimusten perusteella %-vaatimus todennäköisesti alenee

Huom 3: PRF-liima on yleisin vanhoissa liimapuupalkeissa käytetty liima

TimberWolves liimasauman työmaamittauspalvelu

- Testin ideoija on Osmo Makkonen
- Purettavaksi suunnitellussa kohteessa, purkukohteessa tai varastossa suoritettavia liimapuupalkkien liimasauman työmaamittauksia suorittaa Kari Kuhmonen/Timber Wolves Ristiinasta käsin
 - puh: 040 8373522
 - sähköposti: kuhmonenkari@gmail.com
- Poranäytteiden 5 – 10 kpl työmaatestaus ja tulosten raportoinnin kustannus on noin 500 € (ALV 0 %) + km-korvaus ja päiväraha (vuonna 2023)

Lisätieto:

Antti Koponen

DI

Rasek Consulting Oy Ltd

Harjutie 6 G3, 03100 Nummela

Puhelin: 050 4140082

anttiantero.koponen@gmail.com