Metallien lujuusominaisuuksien testaus kehittyy

10.6.2025

SEAMKin rakennuslaboratorion aineenkoetuslaitteen historia

Seinäjoen ammattikorkeakoulun silloiseen Tekniikan yksikön rakennustekniikan laboratorioon hankittiin vuonna 1998 yleisaineenkoetuslaite, jolla voidaan tehdä vetokokeita, puristuskokeita ja pienimuotoista taivutusta. Laitteen runko valittiin 400 kN kuormitusta kestäväksi. Budjetit olivat silloinkin tiukkoja ja saksalainen laatutekniikka oli arvossaan. Siksi jouduimme aluksi tinkimään hankinnasta.

Päädyimme satsaamaan tulevaisuuteen ja hankimme 400 kN rungon sen sijasta, että olisimme hankkineet 250 kN rungon paremmilla varusteilla. Tavoitteena oli saada 25 mm harjateräs vedetyksi poikki, mikä onkin ollut sittemmin tarpeen monta kertaa. Rajallisella budjetilla hankimme laitteeseen aluksi yksinkertaiset mekaaniset kiilakiristyksellä toimivat tartuntaleuat, jotka mahdollistivat 250 kN vedon ja 300 kN puristuksen. Näin päästiin hyvin alkuun laitteen käytössä.

Vetonäytteiden kiilakiristyksestä hydrauliseen

kiinnitykseen

Seuraavalla investointivuorolla, muutaman vuoden päästä, hankimme laitteeseen uudet hydraulitoimiset tartuntaleuat, jotka monipuolistivat laitteen käyttömahdollisuuksia. Vanhoille mekaanisille kiilakiristeisille tartuntaleuoillekin löytyi sittemmin yllättäen käyttöä talon sisältä. Konetekniikan laboratorioon oltiin hankkimassa myös metallien vetokoelaitetta. Siksi valikoitui kotimaisen toimittajan laite. Yritys meni kuitenkin konkurssiin kesken toimituksen. SEAMKille oli ehditty toimittaa pelkkä laitteen runko, mutta ei tartuntaleukoja. Nyt talossa oli kuitenkin vapaana siihen sopivat leuat, ja ohjausohjelmisto saatiin järjestymään muuta kautta, joten sekin asia saatiin lopulta järjestykseen.

Analogisesta laitteiden ohjausjärjestelmästä digitaaliseen ohjaukseen

Neljännesvuosisadan aikana laitteistoissa on ehtinyt tapahtua merkittäviä kehitysaskelia erityisesti niiden ohjauselektroniikassa ja -ohjelmistoissa. Tämä heijastuu erityisellä tavalla siirryttäessä analogisista järjestelmistä digitaalisiin. Sana analoginen tarkoittaa ilmiötä tai järjestelmää, jossa tiedot esitetään jatkuvana vaihteluna — toisin sanoen arvo voi muuttua portaattomasti missä tahansa kohdassa tietyllä välillä. Tämä on vastakohta digitaaliselle, jossa tieto esitetään askelmaisina (diskreetteinä) arvoina, kuten numeroina tai bitteinä. Tämä voi kuulostaa nurinkuriselta mutta, kun numeerisia askeleita lisätään reilusti (bittien määrää lisätään), digitaalisuudella saavutetaan paljon etuja verrattuna analogisiin järjestelmiin. Seuraavassa on esitetty taulukko, (taulukko 1), jossa eri ominaisuuksia vertaillaan analogisesti ja digitaalisesti toteutettuna.

Taulukko 1. Analogisesti ja digitaalisesti ohjattujen laitteiden eroja (ChatGPT 4.1, 2025.)

Ominaisuus	**Analoginen ohjaus**	**Digitaalinen ohjaus**
Tarkkuus ja toistettavuus	Rajallinen; riippuu komponenttien laadusta ja häiriöistä	Korkea; toistettavissa tarkasti digitaalisin arvoin
Reaaliaikainen säätö	Nopea vaste, mutta säädön hienosäätö hankalampaa	Reaaliaikainen ja ohjelmoitava säätö, mahdollistaa tarkat algoritmit

Joustavuus	Vähän säädettävyyttä ilman fyysisiä muutoksia	Erittäin joustava; ohjelmallisesti muokattavissa
Ohjelmoitavuus	Ei ohjelmoitavissa	Täysin ohjelmoitavissa (esim. eri testikäyrät, vaiheet)
Monimutkaiset ohjausstrategiat	Rajoittuneet; vaatii paljon elektroniikkaa	Mahdollistaa esim. PID-säädöt, sykliset kuormitukset jne.
Tietojen tallennus ja analyysi	Rajoittunut; usein ulkoisen tallennuslaitteen varassa	Sisäänrakennettu tallennus ja reaaliaikainen analyysi
Häiriöherkkyys	Herkempi sähköisille häiriöille	Vähemmän herkkä; sisältää usein suodatusta
Käyttöliittymä ja seuranta	Manuaaliset mittarit ja säätimet	Graafinen käyttöliittymä, live-datan seuranta
Kalibrointi ja diagnostiikka	Vaatii manuaalista kalibrointia	Automaattinen tai puoliautomaattinen diagnostiikka
Kustannukset	Alkuinvestointi voi olla alhaisempi	Korkeammat alkuinvestoinnit, mutta parempi tehokkuus

Analoginen ohjaus voi olla yksinkertainen ja nopea reagoimaan, mutta sillä on rajoitteita tarkkuudessa, joustavuudessa ja mittaustietojen käsittelyssä. Digitaalinen ohjausjärjestelmä on selkeästi parempi vaihtoehto nykyaikaisessa testauksessa, koska se tarjoaa tarkkuutta, ohjelmoitavuutta ja kattavaa tiedonkeruuta, mikä on olennaista luotettavien ja toistettavien materiaalitestien kannalta.

Kuva 1. Uudistettu laitteistokokonaisuus modernisoinnin jälkeen (kuva: Jorma Tuomisto, 2025).

Yhteys Maaraksa -kehitys- ja investointihankkeeseen

SEAMKissa toteutettava MaaRaksa-projekti sisältää yhteistyössä yritysten kanssa kartoitettavia ja toteutettavia kehitysaihioita, joiden lisäksi projektiin sisältyy investointiosuus. Siinä SEAMKille hankitaan uutta laitteistoa tai parannetaan olemassa olevia laitteistoja, jotta edellä mainittuja kehitysaihioita voidaan toteuttaa näiden laitteistojen myötävaikutuksella ja laitteistoja voidaan myöhemmin käyttää opetuksen tukena. SEAMKin yleisaineenkoetuslaite olikin tässä mielessä hyvä kohde tällaiselle laitteiston modernisoinnille.

Myös standardit kehittyvät

SEAMKin yleisaineenkoetuslaitteen alkuperäisenä hankintavuotena 1998 voimassa oli metallien vetokokeen huonelämpötilassa määrittävä standardi SFS-EN ISO 10002-1. Siinä kokeen nopeutta säädeltiin pääasiassa kuormitusnopeuden eli voimannousunopeuden perusteella. Standardin mukaan kuormitusnopeus oli valittava siten, ettei se vaikuttanut mittaustuloksiin. Tarkkoja nopeuksia ei standardissa annettu, ainoastaan joitakin suosituksia. Alueella, jossa myötöraja mitattiin, tuli käyttää hidasta ja tasaista nopeutta, mutta murtovaiheessa voitiin käyttää eri nopeutta. Tässä menetelmässä koemateriaalin kimmoisen osuuden koe etenee sovittua

vauhtia, mutta myötöosuudella kappaleen aiheuttama vetovastus pyrkii ”häviämään alta” ja sen kompensoimiseksi voimannousunopeuden pitäminen vakiona alkuperäisellä nopeudellaan kiihdyttäisi testinopeutta, ja loppuosa testistä tapahtuisi lähes silmänräpäyksessä. Kappaleen murrontarkkailun kannalta tämä ei tietenkään ole toivottavaa ja siksi myötö- ja murtovaiheessa käytettiin eri nopeutta.

Usein käytännössä kuormitusnopeus oli luokkaa 5–25 MPa/s myötörajan kohdalla (riippuen testattavasta materiaalista ja koekoneesta). Vaikka nopeudelle ei annettu tarkkoja arvoja, koemenetelmä ja nopeus tuli ilmoittaa koetulosten raportissa. Tämä johti siihen, että eri laboratoriot saattoivat käyttää hyvin erilaisia nopeuksia, mikä puolestaan johti huonoon toistettavuuteen, erovaihteluihin myötörajan mittauksessa (erityisesti rakenneteräksissä) ja kansainvälisten tulosten vertailuvaikeuksiin.

Testilaitetta voidaan tietenkin ohjata myös pitämällä vaakapalkin siirtymänopeutta vakiona. Tässäkin tavassa pitäisi olla eri siirtymännousunopeus kimmoisalla ja plastisella osuudella. Lisäksi vaakapalkin taipuman ja koneen muun rungon muodonmuutokset pitäisi kompensoida virheiden minimoimiseksi, joten tämäkin menetelmä on epätarkka, eikä ole houkutteleva valinta.

Materiaalitieteessä on vuosituhannen alun jälkeen tapahtunut kehitystä. On havaittu, että koenopeuksissa laboratorioiden välillä on ollut suurta vaihtelua ja monet parametrit ovat herkkiä venymän muutosnopeuden vaihtelulle, jolloin mittausepävarmuus on ollut suurta. Edellä mainittu standardi SFS-EN ISO 10002-1 on kumottu vuonna 2009 ja tilalle on tullut standardi SFS-EN ISO 6892-1, jonka uusin versio on vuodelta 2019. Siinä suositellaan vahvasti venymän muutosnopeuden ohjauksen käyttöönottoa. Tällöin kokeen ohjaus tapahtuu suoraan koekappaleesta joko mekaanisen tai optisen extensometrin avulla. Mekaanisessa extensometrissä haarukkamaiset mittalaitteet asennetaan näytteen kylkeen näytteen ohennetun osan ala- ja yläpäähän. Optisessa extensometrissä sama tehdään etäältä ilman kosketusta optisin menetelmin. Digitaalisella elektroniikalla säätöä voidaan tarkentaa millisekuntien välein closed-loop-control palautteesta saatujen mittaustulosten perusteella.

Vuosituhannen vaihteen aikaisissa koneissa, jotka olivat analogisia, ei ollut mahdollista kontrolloida venymän muutosnopeutta vastaavalla tarkkuudella kuin nykyisissä digitaalisissa testauskoneissa. Tämän johdosta oli aika päivittää kyseinen testauslaite digitaaliseksi, ja saada tarkempia ja luotettavampia tuloksia. Maaraksa-projektin yhteydessä testataan erilaisia metalliin ja metallituotteisiin kohdistuvia demonstraatioita, jotka ovat maanrakennuksen ja talonrakennuksen alalla toimivien yritysten piirissä syntyneitä kehitysideoita.

Kuva 2. Näytteestä venymää suoraan mittaava mekaaninen extensometri sijaitsee laitteen takana. Varsinaiset mittahaarukat eivät ole paikoillaan, vaan ne kiinnitetään testin yhteydessä erikseen laitteeseen (kuva: Jorma Tuomisto, 2025).

Projektin investointiosuudessa laite modernisoitiin laajasti. Se sisälsi myös extensometrin päivityksen, jonka

myötä päästiin tekemään testit venymän muutosnopeuden ohjaamana. Samassa yhteydessä päivitettiin laitteen hydrauliikkapumppu digitaalisesti ohjattavaksi. Tällä on merkitystä näytekappaleen kiinnityksen kannalta. Vanhassa laitteessa näytteen esikiristyksen aikana vaakapalkki pysyi paikoillaan, ja kun näytettä puristettiin kummastakin päästä, se tavallaan pursusi kiinnitysten välillä ja aiheutti näytteeseen puristustilan. Tämä puristustila saattoi ison näytteen kanssa kasvaa niin suureksi, että kiinnittimet, jotka oli suunniteltu vetotestauksia varten, eivät kestäneet syntynyttä puristusvoimaa. Uudistetussa laitteistossa voidaan näytteen pituussuuntaista puristusvoimaa eliminoida samalla, kun tartuntapainetta lisätään. Näin vältetään mahdolliset vauriot.

Aineenkoetuslaitteen modernisointi toteutettiin osana Euroopan unionin ja E-P:n ELY:n rahoittamaa hanketta “MaaRaksa, kehitys- ja investointihanke – Uutta suuntaa ja elinvoimaa maanrakennus- ja rakennusalan pk-yrityksiin Etelä-Pohjanmaalla”. Hankkeen kohderyhmänä ovat maanrakennus- ja rakennusalan pk-yritykset sekä maansiirto- ja koneurakointiyritykset Etelä-Pohjanmaalla. Modernisointiin tulleet koneen osat tulivat ZwickRoell’in tehtailta Saksan Ulm’ista ja itse asennustyön teki tehtaan edustajana Suomessa toimiva Tesproma Oy Ylöjärveltä.

Jorma Tuomisto
TKI-asiantuntija
Digitaaliset ja älykkäät teknologiat
SEAMK

Kirjoittaja on tehnyt pitkän työuran SEAMKin rakennustekniikan laboratoriossa rakenteiden ja materiaalien testauksessa sekä opetuksessa. Aiemmin hän on toiminut rakennustuoteteollisuudessa tuotekehitysinsinöörinä sekä insinööritoimistossa rakennesuunnittelijana. Tällä hetkellä hän työskentelee SEAMKissa ”MaaRaksa, kehitys- ja investointihankkeessa”. Projektin puitteissa toteutetaan yhdessä maanrakennus- ja rakennusalan toimijoiden kanssa erilaisia demonstraatioita, jotka ovat näiden yritysten piirissä syntyneitä kehitysideoita.

Lähteet

OpenAI. (2025). *ChatGPT* (versio 4.1) [suuri kielimalli]. https://www.chatgpt.com/

Suomen Standardit (SFS). (2002). *Metallien vetokoe. Osa 1: Vetokoe huoneenlämpötilassa* (SFS-EN 10002-1 Kumottu).

Suomen Standardit (SFS). (2019). *Metallien vetokoe. Osa 1: Vetokoe huoneenlämpötilassa* (SFS-EN ISO 6892-1:2019).

ZwickRoell. (i.a.). *User Manuals*.