

Korkealajuusteräokset opetuksessa ja tutkimuksessa

Matti Kangaspuoskari¹ ja Kari Mäntyjärvi²

¹ Rakennesuunnittelun ja rakentamisteknologian laboratorio, Oulun yliopisto – Konetekniikan osasto

² Tulevaisuuden tuotantoteknologiat (FMT) tutkimusryhmä, Oulun yliopisto – Oulun Eteläisen instituutti ja Konetekniikan osasto

1 Abstrakti

Oulun yliopiston konetekniikan osaston tavoitteena on tarjota opiskelijoille mahdollisuus tutkintoon johtavassa koulutusohjelmassa hankkia osaamista teräsrakenteiden suunnittelusta ja valmistuksesta. Monipuolinen opetustarjonta mahdollistaa laaja-alaisen osaamisen muodostumisen joka on välttämätöntä jotta tekniikan osa-alueet voidaan yhdistää toimiviksi tuotteiksi. Osaston opiskelija voi halutessaan suuntautua teräsrakentamiseen ja saavuttaa opinnoissaan sisällön ja laajuuden, joka ylittää teräsrakenteiden AA-suunnittelijan vaatimustason. Opintojen sisällössä on huomioitu normiohjatun suunnittelun erityispiirteet ja teräsmateriaalin nopea kehittyminen. Lujien terästen käytön lisääntyminen koneenrakennuksessa ja teräsrakentamisessa näkyy erityisen selvästi opiskelijoiden tekemien opinnäytetöiden aiheissa. Kevyet ja kestävät teräsrakenteet antavat yrityksille kilpailukykyä ja mahdollistavat työpaikkojen säilymisen Suomessa. Tässä esitelmässä tutustutaan opinnäytetöiden ja tutkimushankkeiden kautta korkealajuusterästen monipuolisiin käyttömahdollisuuksiin koneenrakennuksessa ja rakentamistekniikassa.

2 Konetekniikan opetuksen yleiskuvaus

Konetekniikan diplomi-insinöörin tutkinto antaa laaja-alaiset tiedot koneiden ja rakenteiden teoreettisesti vaativiin sekä käytännönläheisiin diplomi-insinöörin tehtäviin (Oulun yliopisto¹). Koneita ja rakenteita sovelletaan hyvin moniin käyttötarkoituksiin ja niiden valmistukseen ja käyttöön liittyy monia erikoisosaamista edellyttäviä osa-alueita. Jotta osastolta valmistuva diplomi-insinööri olisi nopeasti valmistuttuaan kykenevä toimimaan syvällistä erityisosaamista vaativissa tehtävissä, on koulutusohjelma jaettu eri opintosuuntiin. Opintosuunnilla annettava opetus perustuu uusimpaan tietoon ja mahdollistaa työelämässä jatkuvan oppimisen ja oman alansa kehittämisen. Koulutuksen tavoitteet ovat siis voimakkaasti ammattiorientoituneet (Malaska, 2013). Opintosuunnat vastaavat niitä osa-alueita, joilla kansallisesti ja kansainvälisesti toimivien yritysten ja organisaatioiden osaavan diplomi-insinöörikunnan tarve on suurinta.

Rakennesuunnittelun ja rakentamisteknologian laboratorio on yksi Konetekniikan osaston kuudesta laboratoriosta. Laboratoriossa tutkitaan ja opetetaan rakennesuunnittelun, rakentamisen ja rakentamisteknologian menetelmiä. Diplomi-insinöörikoulutukseen sisältyvät rakenteiden suunnittelu, uusi teknologia rakentamisessa ja rakentamisen elinkaartilous.

3 Teräsrakenteiden normipohjainen suunnittelu

Teräs on materiaalina yhteinen usealle teollisuuden alalle mikä on huomioitava myös teräsrakenteiden opetuksessa. Konetekniikan osaston opetustarjonta mahdollistaa laaja-alaisen osaamisen muodostumisen joka on välttämätöntä jotta tekniikan osa-alueet voidaan yhdistää toimiviksi tuotteiksi. Osaston opiskelija voi halutessaan suuntautua rakennesuunnitteluun ja

saavuttaa teräsrakenteiden opinnoissaan sisällön ja laajuuden, joka ylittää teräsrakenteiden AA-suunnittelijan vaatimustason. Opintojen sisällössä on huomioitu Eurokoodiin pohjautuvan suunnittelun erityispiirteet ja teräsmateriaalin nopea kehittyminen. Rakennesuunnittelun ja rakentamisteknologian laboratorion tuottamien teräsrakenteiden suunnittelukurssien pääpaino on Suomeen sijoitettavien Maankäyttö ja rakennuslain alaisuuteen kuuluvien teräsrakenteiden Eurokoodipohjaisen suunnittelun opetuksessa.

On erikseen korostettava, että Eurokoodipohjaista teräsrakenteiden suunnittelua voidaan soveltaa talonrakennukseen, sillanrakennukseen, koneenrakennukseen ja painelaitteiden suunnitteluun. Jokaiseen näistä neljästä osa-alueesta liittyy omat suunnittelunormit, lainsäädäntö ja byrokraatia. Eurokoodipohjaiseen suunnitteluun liittyy läheisesti myös yritysten laatujärjestelmät ja teräsrakenteiden valmistukseen ja toteutukseen liittyvät laatuvaatimukset. Kokonaisuus on siis hyvin laaja, mikä seikka pyrkii liian usein unohtumaan yhteen asiaan keskittyneillä foorumeilla.

Rakennusvientiin liittyviin opinnäytteisiin sisältyy hyvin usein Eurokoodisuunnittelua joka suoritetaan kohdemaan kansallisten liitteiden mukaisesti. Tärkein yksittäinen ero vientikohteissa suomalaisiin kohteisiin verrattuna on vaatimus maanjärjestysmitoituksen suorittamisesta. Usein maanjärjestysmitoitus on myös mitoitettava rajatila. Opinnäytteissämme on myös suoritettu seismistä suunnittelua sisältävää rakennesuunnittelua amerikkalaisilla AISC- ja ASCE - normeilla.

4 Lujat teräkset

Teräksen ja terästuotteiden tuotekehitys on edelleen nopeaa. Omista opinnoistamme muistamme, että Fe 37 oli perusteräs ja Fe 52 oli luja teräs. Nykyisin pyrimme käyttämään yhä lujempia teräksiä. Puhekielen terminologia ja suunnittelua ohjaavat normit eivät tahdo pysyä nopean tuotekehityksen tahdissa. Yhteistä terminologiaa eri sovellutuskohteiden kesken ei ole joten laajoissa projekteissa seikkaan tulee kiinnittää erityistä huomiota.

Terästen luokittelussa on useita eri menetelmiä: yleisimmin käytetään metallurgiaan, lujuuteen tai ominaisuuksiin perustuvia menetelmiä. *Lujuuteen* perustuvista luokittelusta yleisimmin käytetty on Worldsteel Associationin autoteollisuus pohjainen luokittelu (Worldsteel Association).

- Perusteräs: Myötöraja alle 210 MPa ja murtolujuus alle 270 MPa
- Luja teräs: Myötöraja 210...550 MPa ja murtolujuus 270...700 MPa
- Ultraluja teräs: Myötöraja suurempi kuin 550 MPa ja murtolujuus suurempi kuin 700 MPa

Normipohjainen luokittelu voisi tapahtua esim. seuraavasti.

- Koneensuunnittelu
 - Perusteräs $235 \text{ MPa} < f_y < 355 \text{ MPa}$
 - Luja teräs $f_y > 355 \text{ MPa}$ SFS-EN 12999
- Rakennesuunnittelu
 - Perusteräs $235 \text{ MPa} < f_y < 460 \text{ MPa}$ SFS-EN 1993-1-1
 - Luja teräs $460 \text{ MPa} < f_y < 700 \text{ MPa}$ SFS-EN 1993-1-12

Esimerkiksi teräs S460 on siltanosturissa "luja teräs" mutta nosturia kannattavissa rakenteissa "perusteräs".

Lujien terästen sitkeysominaisuudet ovat heikommat kuin perusterästen. Normipohjaisessa suunnittelussa teräksen sitkeys otetaan huomioon käyttämällä "lujille teräksille" omia, perusteräksistä poikkeavia suunnitteluohjeita. Tällainen karkea jako kahteen luokkaan yksinkertaistaa suunnitteluprosessia, mutta vaikeuttaa lujan teräksen todellisen kapasiteetin hyväksikäyttöä. Tyypilliset lujien terästen erityisohjeet koskevat esim. pitkän hitsin määritelmää, hallitun plastisoitumisen periaatetta ja teräsrakenteiden toteuttamista.

5 Terästudkimus Oulun yliopistossa

Terästudkimus on yksi Oulun yliopiston kehittämisalaloista. Oulun yliopiston Terästudkimuskeskus CASR on perustettu vuonna 2006 ja sen piirissä toimii tällä hetkellä 60 tutkijaa seitsemässä tutkimusryhmässä. CASR:n tutkimuksen pääkohteena ovat uusien terästen kehittäminen sekä olemassa olevien teräslaatuja parantaminen, teräksen valmistukseen liittyvien prosessien kehittäminen sekä uusien terästen lopputuotteeksi jalostamisen tekniikat. Terästudkimuksen ja konetekniikan osaston T&K toiminnan myötä Oulun yliopiston sisällä tutkitaan uusien terästen kehittämistoimesta lähtien teräksen elinkaarta raaka-aineesta lopputuotteeksi ja siitä kierrätysraaka-aineeksi. Käytännössä toiminta mahdollistaa teräksen ominaisuuksien tehokkaan hyödyntämisen ohella rakenteet joissa pystytään hyödyntämään mahdollisimman kustannustehokasta valmistustekniikkaa.

6 Opinnäytetyöt

Suomalaisten yritysten menestys perustuu suurelta osin yritysten omaan tuotekehitys- ja tutkimustoimintaan (Oulun yliopisto²). Suurin osa diplomitoistamme tehdäänkin työsuhteessa suomalaiseen metalliteollisuuden yrityksiin, insinööritoimistoihin tai rakennusliikkeisiin. Usein diplomityöntekijä myös jatkaa yrityksen palveluksessa opinnäytteen valmistuttua.

Voimassa olevan tutkintosäännön mukaisesti kaikki opinnäytetyöt ovat julkisia. Osa töistä on ladattavissa verkosta ja kaikkiin töihin voi tutustua Oulun yliopiston kirjastossa. Julkisten opinnäytetöiden tekijänoikeudet ovat työn tekijällä. Tässä artikkelissa emme esittele tekijänoikeuden alaista materiaalia kuten esim. lainauksia ja kuvia suunnittelunormeista, diplomitoista tai väitöskirjoista.

Lujien terästen käytön lisääntyminen koneenrakennuksessa ja teräsrakentamisessa näkyy erityisen selvästi opiskelijoiden tekemien opinnäytetöiden aiheissa. Uusissa töissä käytetään yleensä lujempia teräksiä kuin vanhemmissa töissä. Tässä lyhyt kuvaus opiskelijoittemme lujia teräksiä käsitteleviin opinnäytteisiin.

Koneensuunnittelu:

- Talvivaaran Stacker - laitteeseen on tehty kaksi diplomityötä. Ensimmäisessä työssä materiaalina oli perinteinen S355, toisessa työssä tutkittiin laajasti eri suunnittelunormien soveltuvuutta laitteen toteuttamiseksi lujuusluokkiin S235 - S1100.
- Lujien terästen särmäystä ja mekaanista leikkausta on tutkittu kahdessa diplomityössä. Särmäystä ja siinä syntyviä voimia tutkittiin teräksille S400 – S1300. Lujien terästen mekaanista leikkausta tutkittiin hitsattuihin kierresaumaputkiin käytettävillä teräslaaduilla lujuusluokkaan S460 saakka.

Rakennesuunnittelu

- Kattilalaitosten runkorakenteisiin on tehty kuusi diplomityötä joista ensimmäisessä tutkittiin mahdollisuutta toteuttaa runkorakenne teräslaaduista S366 – S690. Kattilapalkiston osalta tutkittiin myös mahdollisuutta hybridipalkkien käyttöön aina Eurokoodin sallimaan rajaan S355/S700 saakka. Hallitun plastisoitumisen periaate rajoittaa lujien terästen käyttöä kohteissa joissa vaaditaan maanjäristysmitoitusta. Tämän vuoksi vientikohteissa ei esiinny yleensä lujia teräksiä.
- WQ - ristikko on tarkasteltu kahdessa diplomityössä. Ensimmäisessä työssä on tarkasteltu Eurokoodimitoitusta lujuusluokkiin S235 - S460. Toisessa työssä materiaalina oli vain S460.

Siltasuunnittelu

- Teräs-betoni-liittorakennesillan suunnittelua on käsitelty kahdessa diplomityössä. Ensimmäisessä työssä suoritettiin vertailulaskelmat Suomen Rakentamismääräyskokoelman ja Eurokoodin välillä jo aikaisemmin toteutetulle kohteelle jonka materiaalina oli perinteinen S355. Toisessa työssä suoritettiin vastaavat vertailulaskelmat uudelle suunniteltavalle kohteelle jonka materiaali oli S420. Eurokoodilaskelmissa hyödynnettiin myös ylikriittinen alue.

Tuotantotekniikka

- Lujien terästen konepajakäytettävyyttä ja konepajaprosesseja on käsitelty 15 diplomityössä. Töissä on käsitelty eri konepajaprosesseja eri teräksillä alkaen myötörajasta 650 MPa aina myötörajaan 1300 MPa saakka. Töissä on keskitytty erityisesti lujimpien terästen konepajakäytön ongelmiin ja haettu ratkaisuja niihin. Uusista teknologioista on tutkittu mm. laseravusteista särmäystä. Osassa töistä on hyödynnety valmistusprosessin FE mallinnusta apuna ongelman ymmärtämisessä.

Artikkeli liittyy Teräsrakentamisen T&K päivillä pidettyyn esitelmään jonka käsiohjelmassa on kuvaus:

Yliopisto-opettaja Matti Kangaspuoskari

Rakennesuunnittelun ja rakentamisteknologian laboratorio, Oulun yliopisto – Konetekniikan osasto

Tutkimusjohtaja Kari Mäntyjärvi

Tulevaisuuden tuotantoteknologiat (FMT) tutkimusryhmä, Oulun yliopisto – Oulun Eteläisen instituutti ja Konetekniikan osasto

Korkealujuusteräokset opetuksessa ja tutkimuksessa

- Katsaus teräsrakenteiden opetukseen
- Lujien terästen mahdollisuudet koneenrakennuksessa ja talonrakennuksessa
- Korkealujuusteräokset opinnäytetöissä

Lähteet

Malaska Mikko, Teräsrakennetekniikka – kuka vastaa taidon koulutuksesta? Teräsrakenne 1/2013. pp.47.

Oulun yliopisto¹, Konetekniikan osaston kotisivu. <http://www oulu.fi/konetekniikka/>.

Viitattu 10.4.2013.

Oulun yliopisto². Teknillinen tiedekunta. Opinto-opas 2012 - 2013. pp. 94.

Worldsteel Association. (<http://www.worldautosteel.org/steel-basics/automotive-steel-definitions/>).

Viitattu 20.4.2013.