

Diplomityö, Oulun yliopiston rakentamistekniikan osasto: Ruostumattomasta teräksestä ja alumiinista valmistettujen kantavien poimulevyjen mitoitus

Dipl. Ins. Petri Vuokila

JP-Kakko Oy

Poimulevyistä

Kylmämuovattuja profiileja voidaan valmistaa joko levytaivutus koneella, särmäyspuristimella tai rullamuovauslaitteistolla. Pieninä sarjoina särmäys on edullisin valmistustapa, isommissa erissä rullamuovaus tulee usein kannattavimmaksi. Profiilin muoto vaikuttaa myös siihen, mikä valmistustavoista kannattaa valita. Poimulevyt valmistetaan pääasiassa rullamuovaamalla. Rullamuovauksessa profiilin muoto muovautuu vaiheittain levyrainan edetessä valssiston läpi. Valmistustavasta johtuen poimulevyt ovat pitkänomaisia, kapeita tuotteita. Ne kantavat yhteen suuntaan, samalla tavalla kuin palkit. Poimulevyille on tunnusomaista materiaalin tehokas käyttö. Mitoitusmenetelmät on kehitetty lukuisten kokeiden perusteella unohtamatta taustalla olevaa teoriaa. Materiaalien tasalaatuisuudesta ja kokeiden hyvästä toistettavuudesta johtuen on hajonta kokeissa ollut erittäin pientä. Tämän ansiosta on poimulevyn kapasiteetti voitu hyödyntää poikkeuksellisen tarkasti.

Poimulevyt valmistetaan tällä hetkellä pääosin kuumasinkitystä teräsohutlevystä, joka voidaan päällystää orgaanisella pinnoitteella. Poimulevyt joutuvat tavallisissa käyttökohteissaan voimakkaan korroosion rasittamiksi, joten sinkitys ja pinnoitus on välttämätön teräspoimulevyille. Valmistettaessa poimulevyt alumiinista tai ruostumattomasta teräksestä ei pinnoitusta tarvitse tehdä. Suomessa alumiinisia poimulevyjä on aikaisemmin valmistettu satunnaisesti. Ruostumattomia poimulevyjä ei Suomessa tiettävästi ole valmistettu ennen vuotta 1997. Tällöin yleiseurooppalaisen hankkeen eräänä osana tutkittiin Suomessa ruostumattomia kantavia poimulevyjä. Hanketta tuki Euroopan hiili- ja teräsyhteisö ECSC. Hankkeen tavoitteena oli kehittää ruostumattoman teräksen suunnitteluohjetta ENV 1993-1-4. ECSC:n projektin tuloksia on hyödynnetty myös tässä tutkimuksessa.

Tutkimusongelma

Ruostumattomasta teräksestä ja alumiinista valmistetut poimulevyt ovat tulossa käyttöön Suomessa. Alumiinisten poimulevyjen valmistus Suomessa on jo alkanut ja ruostumattomien poimulevyjen valmistus on alkamassa. Ongelmana on kuitenkin ollut mitoitusmenetelmien puute. Suomen Rakentamismääräyskokoelman ohjeista ei löydy kaavoja alumiinisille, eikä ruostumattomille poimulevyille. Eurooppalainen esistandardi ENV 1993 antaa ohjeet ruostumattoman poimulevyn mitoitukseen, mutta ei alumiinisille poimulevyille. Alumiinisten poimulevyjen mitoitus löytyy ruotsalaisesta ohutlevynormista N5 ja saksalaisesta DIN 18 807-normista. Ongelma on lähinnä siinä, että nämä ohjeet eivät ole tuttuja suomalaiselle suunnittelijalle.

Tutkimuksen tärkeimpänä tavoitteena oli perehtyä alumiinisten ja ruostumattomien poimulevyjen mitoitukseen, saada mitoitusohjelma keskeisille normeille sekä suorittaa vertailua normien välillä. Tavoitteena oli myös selvittää, voidaanko tavallisen teräspoimulevyn kaavoilla mitoittaa ruostumattomia ja alumiinisia poimulevyjä. Tarkemman tarkastelun kohteeksi valittiin ohjeet ENV 1993-1-4 ja DIN 18 807, sillä ne ovat tällä hetkellä yleisimmin käytössä. Näiden osalta käytiin läpi yksityiskohtaisesti sekä laskennallinen, että kokeellinen mitoitusmenettely.

Kantavan poimulevyn teoriassa on keskeisellä sijalla puristettujen levykenttien ylikriittinen toiminta ja ylikriittisen tilan jännitys jakauman selvittäminen. Koska jännitys jakaumaa ei voida käsinlaskennassa tarkasti hallita, on otettu käyttöön tehollisen leveyden määrittelmä. Tämän avulla saadaan poikkileikkauksen taso-osien teholliset leveydet ja tehollinen poikkileikkaus voidaan määrittää likimäärin. Kun tehollinen poikkileikkaus tunnetaan, voidaan taivutuskestävyys, leikkauskestävyys ja tukireaktiokestävyys määrittää kokeellisilla kaavoilla.

Tulokset

Tutkimukseen otettiin mukaan kolmen eri kokeellisen tutkimuksen tulokset, joista kaksi oli VTT:n tekemiä ja yksi ruotsalaisten tekemä. VTT:n projektit olivat edellä mainittu ECSC:n projekti, sekä tällä hetkellä käynnissä oleva TEKES-projekti. Kokeiden vähyydestä johtuen ei voida antaa tarkkaa vertailulukua yksittäisen profiilin

tehokkuudesta. Kokeiden vähyys johtui siitä, että käyttökelpoisia tuloksia ei löytynyt maailmalta enempää. Vertailuluvulla tarkoitetaan tässä kokeista saadun ja ohjeen mukaan lasketun kestävyuden suhdetta. Tämän pitäisi olla hieman ykköstä suurempi, jotta ohje olisi tehokkaimmillaan.

Ruostumattomien poimulevyjen 30 taivutuskestävyyskokeen perusteella saatu keskimääräinen vertailuluku oli 1,14 . Tukireaktiokestävyyskokeiden vertailuluku oli 1,00 hajonnan ollessa melko suurta. Kokeissa käytetyt profiilit olivat Rannila 45J, Rannila 70 ja Rannila 113. Näiden lukujen perusteella voidaan todeta ENV 1993-1-4:n antavan varsin kohtuullisen arvion taivutuskestävyydelle. Tukireaktiokestävyys on selvästi epävarmalla puolella joidenkin profiilien osalta. Taivutuskestävyyden osalta ENV 1993-1-4-ohjeessa olisi mahdollista lisätä tehokkuutta laskennassa. Tämä onnistuisi ottamalla laskennassa huomioon ruostumattoman kimmomoduulin pieneneminen jännityksen kasvaessa. Samoin tulisi huomioida jäykisteiden ja nurkkien muokkauksessa kohonnut myötölujuus.

Alumiinisten poimulevyjen mitoitus tarkasteltiin DIN:n mukaan. Taivutuskestävyyskokeista saatu keskimääräinen vertailuluku oli VTT:n suorittamissa kokeissa 1,31. Tukireaktiokestävyyden vertailuluku oli 1,79, mutta luvun todettiin olevan osittain epävarma. VTT:n suorittamissa kokeissa käytetyt profiilit olivat Rannila 70 ja Rannila 113. Ruotsalaisten laajojen koesarjojen perusteella todettiin DIN:n ja ruotsalaisen ohutlevynormiehdotuksen antavan hyvin lähelle samanlaisia tuloksia kestävyyksien laskennassa. Keskimääräiseksi vertailuluvuksi ruotsalaisten kokeiden ja DIN:n välillä tuli taivutuskokeissa 1,10. Tukireaktiokestävyyden osalta vertailuluku oli noin 1,16. Näiden perusteella voidaan todeta DIN-normin soveltuvan hyvin alumiinisten poimulevyjen mitoitukseen. Lisää tehokkuutta laskentaan saataisiin huomioimalla jäykisteiden muokkauksessa kohonnut lujuus.

RakMK B6:n todettiin soveltuvan hyvin ruostumattomien poimulevyjen taivutuskestävyyden mitoitukseen, mikä oli yllätys. Ohje antaa hyvin lähelle samoja tuloksia kuin ENV 1993-1-4:n mukaan laskien. Tukireaktiokestävyys antaa noin 20 % liikaa varmalla puolella olevia tuloksia, mikä ei tietenkään estä ohjeen käyttöä. Koska tulokset olivat rohkaisevia, niin olisi suotavaa, että asiaan perehdyttäisiin tarkemmin.

Vertailussa todettiin, että RakMK B6 ei sellaisenaan sovellu alumiinisten poimulevyjen mitoittamiseen, vaan antaa reilusti epävarmalla puolella olevia tuloksia. Tämän todettiin johtuvan lähinnä tehollisten leveyksien liian suuriksi lasketuista mitoista. B6 olisi todennäköisesti melko helposti muokattavissa myös alumiinisille poimulevyille soveltuvaksi.

Yhteenveto

Tämän tutkimuksen tärkein merkitys lienee se, että saatiin ruostumattomien ja alumiinisten poimulevyjen mitoittamiseen helposti ymmärrettävät suomenkieliset ohjeet. Laskemista helpottaa vielä se, että saatiin toimiva ohjelmakielinen ohjelma, jolla käytössä olevien poimulevynprofiilien mitoitus on vaivaton suorittaa. Ohjelman teki ulkopuolinen henkilö tämän tutkimuksen Mathcad- laskentapohjien pohjalta.

Alumiinisten ja ruostumattomien poimulevyjen levyvaikutusta ei tässä tutkimuksessa käsitelty. Levyvaikutuksella on kuitenkin suuri merkitys laajojen levykenttien jäykistyksessä. Aihe on laaja ja siitä kannattaisi tehdä oma erillinen tutkimuksensa.