

Kirjoitelma Jukka Leskelän diplomityöstä:

ONTELOLAATTOJEN KÄYTTÄYTYMINEN TERÄS- JA LIITTOPALKKEIHIN TUETTUINA

Ontelolaatan käyttäytyminen ei-jäykältä tuelta on ilmiö, josta ensimmäiset havainnot tehtiin 90-luvun vaihteessa. Ensimmäisiä havaintoja lienee olleet palkkeihin tuettujen pitkien ontelolaattojen selittämättömät halkeamat. Ontelolaatoilla suoritettujen laatastokokeiden paljastivat, että ei-jäykkä tuki saattoi laskea ontelolaatan kestävyyttä jopa 60% jäykkään tukeen verrattuna. Laatastokokeiden pohjalta kehitettiin ilmiötä selittävä teoria ja tämän pohjalta on laadittu useita suunnitteluohjeita.

Ontelolaatan ja palkin yhteisvaikutuksesta johtuen laattoja tukevat palkit tulee mitoittaa yhdessä laattojen kanssa. Kun laatoille liittovaikutuksesta aiheutuvat vaikutukset tunnetaan perusteiltaan ja on alustavasti normitettu, mitoitus voidaan suorittaa.

Ensimmäiset ohjeet teorian soveltamisesta esitettiin liittorakenteiden sovellusohjeissa 1991. VTT julkaisi vuonna 1995 suosituksen teorian soveltamiseksi, joka perustui laajamittakaavaisiin laatastokokeisiin. Tällä hetkellä voimassa oleva betoniyhdistyksen Normikortti NK 18 perustuu VTT:n suositukseen, mutta siihen on tehty joitakin muutoksia ja lisäyksiä. Muutosten tarkoituksena on ollut sovittaa ohje suomalaiseen suunnittelukäytäntöön sopivaksi. Vuonna 1999 pitäisi myös ilmestyä FIB:n ohje. Se perustuu myös VTT:n suositukseen, mutta on todennäköisesti enemmän varmallalla puolella kuin Normikortti NK18.

Vaikka Normikortti NK 18 on yhdistystason ohje, sitä käytetään samoin perustein kuin viranomaisohjeitakin. Sen vuoksi kortin sisällön viimeistely ja tarkoituksenmukaisempaan muotoon saattaminen tulisi suorittaa pikaisesti. Tämä tulee ajankohtaiseksi heti kun FIB:n ohjeet valmistuvat .

Ontelolaatta on pitkään ollut erityisen herkkä ja voimakkaita tunteita herättänyt elementti rakentamisessa. Koska se on yleisin välipohjaelementti Suomessa, sen tarkoituksenmukaiseen käyttöön ja suunnittelun ohjaukseen tulisi viranomaistenkin panostaa enemmän.

Normikortin NK 18 perustein laattojen kokonaisvarmuus murtumisen suhteen on laskettujen tulosten mukaan yli 2,7. Kokonaisvarmuudeksi riittäisi 2,5, joten ainakin näissä tapauksissa normikortissa olisi kehittämisen varaa.

Ylimääräistä varmuutta Normikortti NK 18 aiheuttavat tekijät:

1. Ontelolaattojen esijännityksestä aiheutuvaa puristusjännitystä σ_{CP} aliarvostetaan.
2. Ontelolaattojen uuman vetolujuutta f_{ctk} aliarvostetaan.
3. Onteloiden täytöstä aiheutuvaa vahvistusta aliarvostetaan, kun täyttöpituus on suurempi kuin ontelon korkeus.
4. Epälineaarisuutta ei voida aivan tarkasti linearisoida.

Vaikka alustavan mitoituksen voi suorittaa palkin valmistaja tai suunnittelija on vastuun jako sellainen, että ontelolaatan valmistaja suorittaa aina lopullisen mitoituksen ja kantaa myös vastuun ontelolaattojen kestävydestä. Tämä suo toki mahdollisuuden manipuloida palkinvalmistajia.

Vahvistusmenetelmät

Murtoehtokaavan mukaisesti vahvistustoimenpiteitä voidaan kohdistaa vain leikkausjännityksen σ_{vj} manipuloimiseen, eli vaikuttamalla kertoimiin γ , f ja t . Murtumiseen vaikuttaa myös esijännitysvoiman aiheuttaman puristusjännityksen suuruus σ_{CP} , mihin vaikutetaan laatan punostuksella ja jännepunosten alkujännityksellä.

Ontelotäyttö parantaa laatan kestävyttä vain sen ollessa yli 50 mm ja sen maksimivaikutus saadaan kun täytön pituus on sama kuin ontelon korkeus. Kerroin f muuttuu suoraviivaisesti 1,0 ... f_{min} kun L_f muuttuu L_{fmin} ... L_{f0} .

Pintabetoni lisää leikkausvuota, mutta raudoittamalla pintabetoni riittävästi palkin yli, osa leikkausvuosta siirtyy suoraan raudoituksen kautta palkille rasittamatta ontelolaattojen uumaa. Tämä vaikutus sisältyy kertoimeen α_t ja se vaikuttaa vain pintabetonin kovettumisen jälkeen muodostuvaan leikkausvuohon, josta lasketaan jännitys σ_{t2} .

Pienennyskertoimen käytön ehtona on, että pintabetoni on vähintään K20, raudoituksen lujuus f_{yk} on vähintään 400 MPa ja ankkurointi on riittävä voimalle $(A_{st}/s)f_{yd}$.

Jännepunosten esijännitys ei saisi olla yli 1100 Mpa, koska se lisää hukkamenekkiä. Ontelolaatan valmistaja huolehtii esijännittämisestä, mutta mitoitettaessa laatta jännevälistä ja kuormista riippumatta maksimipunostukselle ja maksimiesijännitykselle aiheutetaan yleensä tarpeetonta laatan käyritystä, mikä näkyy työmaalla tasausbetonin suurempana kulutuksena, vaikka varmuutta ontelolaattojen murtumisen suhteen olisikin saatu parannettua. Tämä tekijä on usein aiheuttanut reklamaatio-neuvotteluja ylimääräisten kustannusten kattamisesta.

Periaatteessa kunkin laatan riittävä punostus määräytyy laatan tarvittavan taivutuskestävyyden perusteella ja kun tämä punostus on selvitetty mitoituskuormien perusteella, normikortissa esitetään ohjeellisia α_{cp} arvoja eri laatoille.

Pintabetonia käytettäessä saatiin palkin yli menevällä pintabetonin raudoituksella taloudellisin ratkaisu. Ontelotäytön ja raudoituksen samanaikainen käyttö on kaikkein eniten kestävyyttä parantava. Tapauksissa, joissa pintabetonia ei käytetä on, ontelotäyttö ainoa vahvistusmenetelmä. Samoin on tapauksissa, joissa Normikortti ei salli pintabetonin raudoituksen huomioon ottamista, esimerkiksi pintabetonin ollessa alle 40 mm paksu.

Tulevaisuus

Tulevaisuuden uhkakuvia ontelolaatan kannalta ovat:

- Laattojen valmistajien nihkeä ja salamyhkäinen asenne tutkimusta ja kehitystä kohtaan.

- Teräs- ja betoniteollisuuden turha vastakkainasettelu.
- Terästeollisuudella on selvä tarve ja aihe korvata ontelolaatta joillakin muilla tuotteilla.
- Ontelolaatan murtumistapojen hauras luonne ei periaatteessa sovi yhteen plastisuusteoriaan perustuvien mitoitusmenetelmien kanssa.
- Eurooppalaisella tasolla ontelolaattaan suhtaudutaan ristiriitaisesti, esimerkiksi Saksassa sen hauraita piirteitä pelätään. Hollannissa laattoja käytetään kuten Suomessakin, mutta paremmassa yhteistyössä teräsvalmistajien kanssa. Belgiassa on samanlainen suhtautuminen kuin Suomessakin. Itävallassa laattoja käytetään kuten Hollannissakin, mutta saksalaisperäisellä mentaliteetilla. Britanniassa terästeollisuus on tuonut markkinoille omia tuotteitaan, jotka korvaavat ontelolaatan.

Liittorakenteissa on aina betonia ja terästä, ja periaatteessa kumpaakin materiaalia tulisi käyttää niiden parhaiden ominaisuuksien mukaisesti. Laattarakennetta on vaikea tehdä teräksestä, joten se on aina betonia, mutta ei välttämättä ontelolaattana.