

Rakenneosan taipumakomponenttien määritelmät:

- W_c on esikorotus
- W_1 on taipuman alkuarvo kyseeseen tulevan kuormayhdistelmän pysyvien kuormien vaikuttaessa
- W_2 on taipuman pitkäaikaisosuus pysyvien kuormien vaikuttaessa
- W_3 on kyseeseen tulevan kuormayhdistelmän muuttuvien kuormien aiheuttama taipuman lisäosuus

$$W_{kov} = W_1 + W_2 + W_3$$

$$W_{max} = W_1 + W_2 + W_3 - W_c$$

analysointiin aiempaa selkeämmät työkalut. Liittimien kapasiteetit ovat entisestään kasvaneet, joskin liittolaatan ripojen aiheuttama redusointi on aiempaa merkittävämpi.

PÄÄLEKKÄISEN LIITTOPALKIN MITOITUS

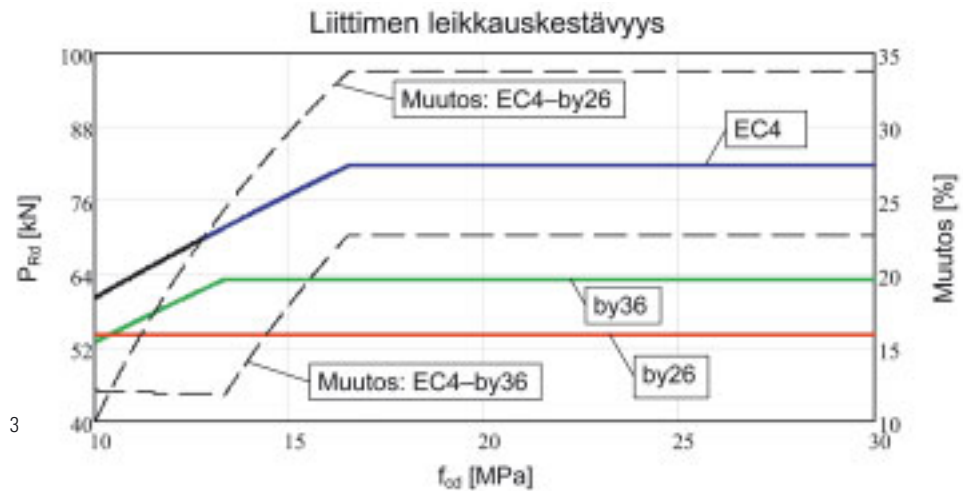
Liittopalkin mitoituksessa yksi kapasiteetteihin selvimmän vaikuttavista muutoksista on rakenneteräksen osavarmuuskertoimen aleneminen arvoon 1,0. Mitoitusmenetelmiä koskeva suurin periaatteellinen muutos koskee kuitenkin irtileikkautumisen estävän raudoituksen määrittystä, joka perustuu Eurokoodissa by:n ohjeista poikkeavaan riskikoanaloggiaan. EC4:ssä on tältä osin kuitenkin vielä epäjohdonmukaisuutta esistandardin ENV 1994 perintönä.

Jatkuva liittopalkki on EC4:ssä käsitelty aiempaa tarkemmin. Liittorakenteiden jatkuvuuden korostuminen saattaa olla osasyynä myös murtorajatilakeskeisyyteen, koska poikkileikkauksuokkien rajoissa sallitusta plastisoitumisesta on enemmän haittaa Suomessa tyypillisemmille yksiaukkoisille rakenteille. Jännitysten rajoittamiselle on siis perusteita, vaikkei se usein Eurokoodia sovellettaessa olekaan pakollista.

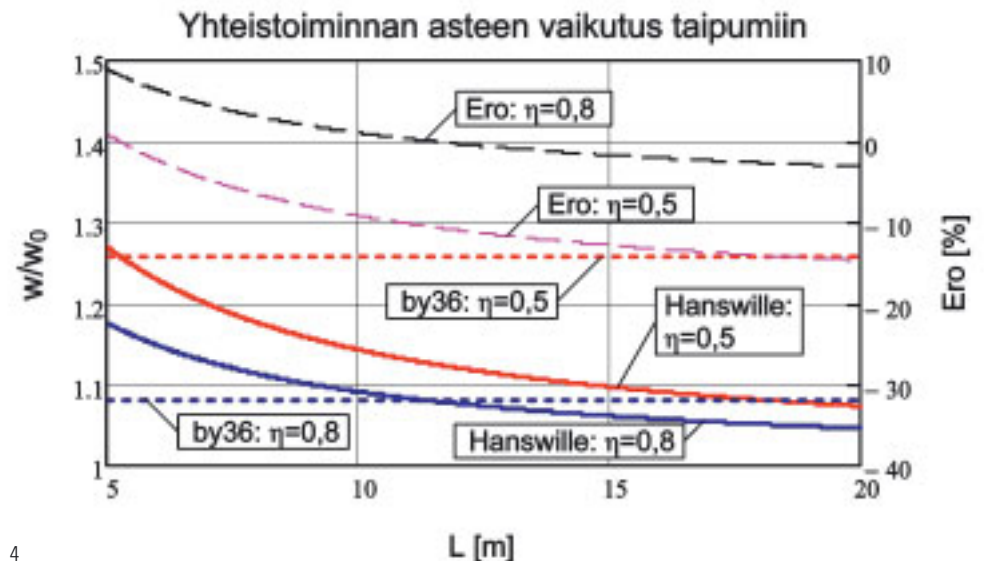
Myös taipumalaskennan periaatteet muuttuvat. Eurokoodien mukainen lähestymistapa erilaisten kuormitusyhdistelmien aiheuttamien vaikutusten (kuva 2) tarkastelusta ei ole täysin yhteensopiva vanhan tavan kanssa, jossa kuormat jaettiin pitkä- ja lyhytaikaisiin. Taipumien rajoittamista koskevassa Suomen kansallisessa liitteessä on vielä päivitystarpeita, koska se on laadittu esistandardin kansallisen soveltamisasiakirjan (NAD) hengessä.

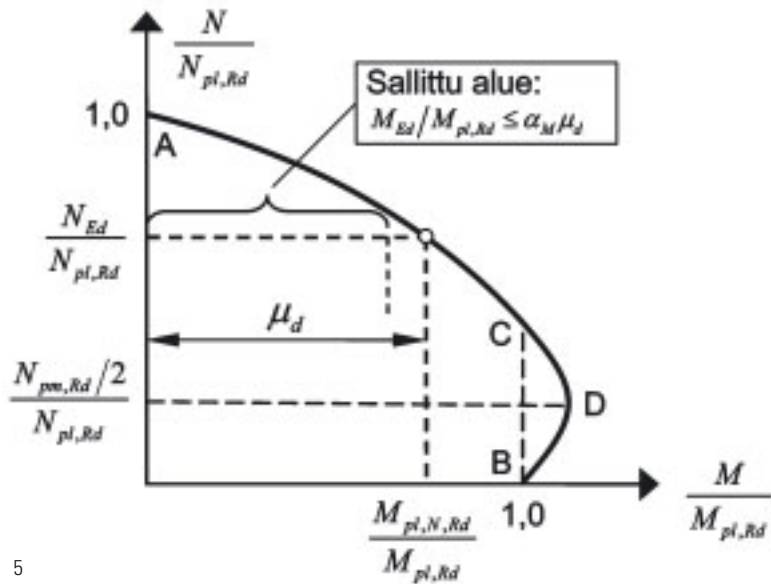
Liittopalkkien parametriset vertailulaskelmat EC4:n ja by36:n välillä osoittavat, että likimäärin samoilla osittaisen leikkauksuokituksen taivutuskapasiteeteilla liittimäärät tyypillisesti pienentyvät. Osasyynä on tappiliitinten kapasiteettien kasvu (kuva 3). Huolenaiheeksi nousee yhteistoiminnan asteen ja taipumien välinen yhteys. Eurokoodi ei useinkaan edellytä alentuneen yhteistoiminnan ottamista huomioon, vaikka EC4:n ennustamat taipumat ovat useimmiten By36:n mukaisia pienempiä. Diplomityössä esitetyllä Hanswillen yksinkertaisella menetelmällä tämä olisi kuitenkin helppoa (kuva 4). EC4:n taipumalaskennassa ihmetyttää myös se, että betonin kutistuman vaikutuksia ei yleensä tarvitse huomioida. Kutistumasta aiheutuva laskennallinen taipuma kun on perinteisesti ollut merkittävä.

3



4



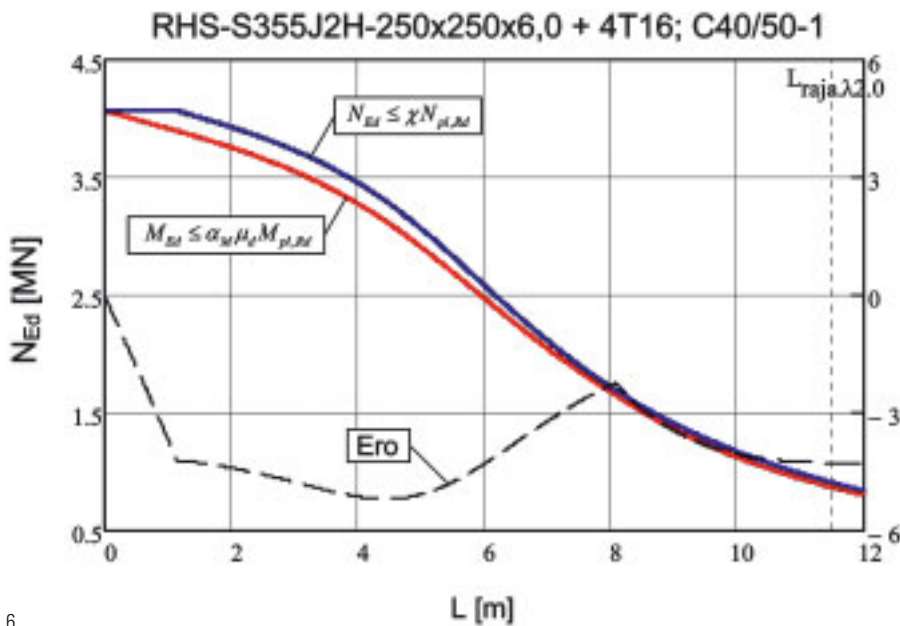


5

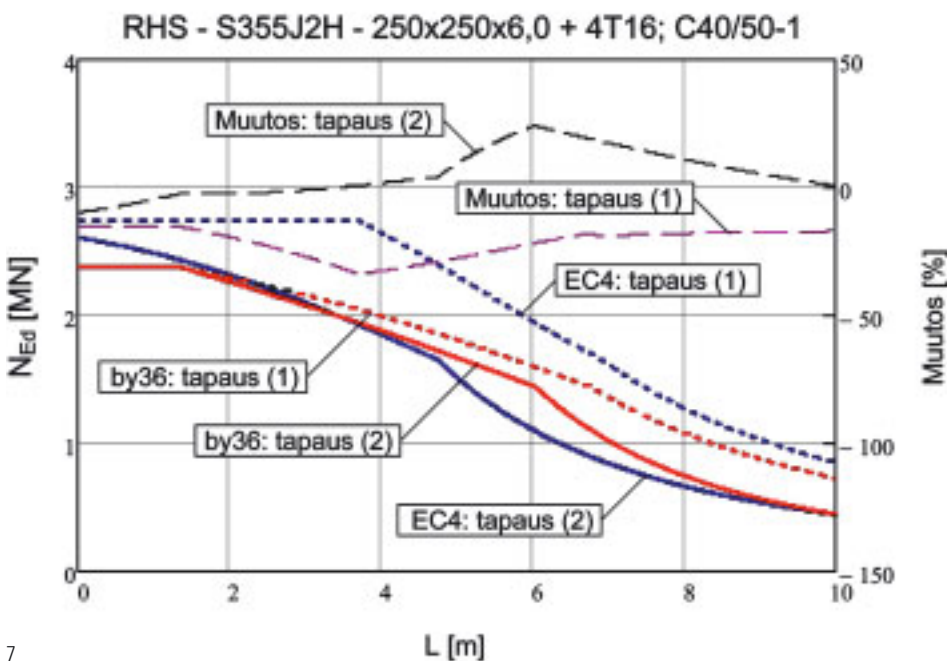
LIITTOPILARIN MITOITUS

Suunnitteluohjeen By26 mukaiseen taivutetun ja puristetun rakenteen mitoittamiseen totuttuun kokee ehkä suurimman muutoksen Eurokoodiin siirtymään. Sovellusohjeen By36 yksinkertaistettu menetelmä muistuttaa enemmän EC4:n vastaavaa, jossa mitoitus perustuu poikkileikkauskohtaisen yhteisvaikutuskäyrän tutkimiseen (kuva 5). Menetelmä on varsin selkeästi ohjeistettu ja sen soveltaminen on suoraviivaista. Rakenneanalyysistä annettujen ohjeiden ymmärtäminen on kuitenkin välttämätöntä, jos mitoitetaan muuta kuin nivelellisesti tuettua liittopilaria. Keskimääräisesti kuormitetun liittopilarin vaihtoehtoinen mitoitusmenetelmä muistuttaa teräspilarin (EN 1993-1-1) nurjahduskäyriin perustuvaa mitoitusta (kuva 6).

Kapasiteettivertailu EC4:n ja vanhojen menetelmien välillä osoittavat pilarien varmuuden pienentyvän paikoin jopa merkittävästi. Keskimääräisesti kuormitetujen pilarien parametrisen vertailun yleistrendinä voidaan todeta vain raskaasti raudoitettujen pilarien kapasiteetin pienentyvän muiden kasvaessa. Lisättäessä taivutusrasitus pilariin muuttuu vertailu hankalammaksi. Jokainen poikkileikkaus pitäisi tarkastella erikseen nurjahduspietäydysfunktiona päätymomentteja varioiden. Yksittäisen esimerkkivertailun perusteella Eurokoodi näyttää antavan varsin rohkeita tuloksia myös yhdistetyn taivutuksen ja puristuksen tapauksessa (kuva 7).



6



7

5
Pilarin mitoituksessa käytettävä yhteisvaikutuskäyrä.

6
Keskimääräisesti kuormitetun esimerkkipilarin kapasiteettivertailu nurjahduskäyrään ja yhteisvaikutuskäyrään perustuvan mitoitusmenetelmän välillä.

7
Puristetun ja kahdella eri tavalla taivutetun esimerkkipilarin kapasiteettivertailu.





Vertailujen tuloksiin vaikuttavat merkittävästi tulkinnat epätarkkuuksien vaikutuksista. EC4:n lähestymistapa, jossa nurjahdusmuodon mukainen alkukaarevuus aiheuttaa erilaisen momenttipinnan kuorman epäkeskisyyteen verrattuna, on uusi. Alkukaarevuuden maksimiarvojen taustalla ovat eurooppalaiset nurjahduskäyrät, jotka sisältävät myös kuorman epäkeskisyyden vaikutuksia. Asiaa mutkistaa rakenneanalyyseissä tarkasteltavat epätarkkuudet sekä teräsrakenteiden toteutusstandardin EN 1090 sisältämät lisävaatimukset. Kokonaisuus kaipaisi yksinkertaistusta ja lisäohjeistusta.

LIITTOLAATAN MITOITUS

Liittolaatan mitoituksessa kuormituskokeilla on suuri rooli. Kokeita tarvitaan sekä liittolevyn ja betonin välisen leikkauskestävyyden määrittämiseen, että taivutuskapasiteetin laskemiseen. Mitoitus perustuu samoihin murtotyyppeihin kuin ennenkin, mutta esimerkiksi osittaisen leikkausliitoksen käyttö ohjeistetaan Eurokoodissa aiempaa johdonmukaisemmin. Eurokoodin mukainen mitoitus sisältää lisäksi joitakin uusia yksityiskohtia, kuten pääte-ankkureiden käytön.

EN 1994-1-1 liitteessä B on ohjeistettu mitoituksessa tarvittavien kertoimien ja parametrien määrittämiseksi tarvittavien kokeiden suorittaminen. Koejärjestelyjen tunteminen palvelee myös suunnittelijaa selventämällä mitoitusmenetelmien taustalla vaikuttavia ilmiöitä.

Liittolaatan kestävyyslaskennassa ei tapahdu merkittäviä muutoksia. Poimulevyn materiaaliolosuhteiden pienentyminen on pääsyytä sekä taivutusmitoituksessa että leikkausliitoksen tarkastelussa tapahtuvaan käyttöasteiden hienoiseen laskuun. Laatan leikkauskestävyydessä ei tapahdu juurikaan muutoksia. Käyttörajan osalta taipumat pienentyvät. Liittolaatoissa muutos johtuu materiaaliominaisuuksien, kuormitusyhdistelmien ja taivutusjäykkyyslaskennan eroista. Laatan keskiarvojäykkyys on EC4:n mukaan tyypillisesti noin 10 % suurempi kuin By36:n mukaan laskettaessa.

PALOMITOITUS

Liittorakenteiden palomitoitusta käsittelevä standardi EN 1994-1-2 esittelee useita uusia laskentamenetelmiä. Kehittyneet laskentamenetelmät mahdollistavat monimutkaistenkin tarkastelujen käytön, mutta myös käsinlaskentaan soveltuvaa ohjeistusta annetaan taulukkomitoituksen ohella.



Standardin EN 1994-1-2 ulkoasu ja viimeistely eivät kuitenkaan ole riittävän selkeitä ja merkinnätkin ovat paikoin ristiriitaisia EN 1994-1-1 kanssa. Esitetyn kritiikin perusteella myös itse laskentamenetelmien tuloksiin kannattaa suhtautua varauksella. Taulukkomitoitus taas tuottaa usein käytännön tarpeisiin nähden tarpeetonta varmuutta.

Palosuojaamattoman ja -suojatun liittopalkin palomitoitus on harmonisoitu teräsrakenteiden kriittiseen lämpötilaan perustuvan palomitoitusmenetelmän kanssa. Liittolaattojen ja -pilarien osalta poikkileikkauksen lämpötilakenttä täytyy tuntea. Diplomityössä on jalostettu tähän liittyvää Eurokoodin mukaista informaatiota. Liittolaattojen paloraudoitusmäärä ei tavallisilla hyötykuorman arvoilla juuri muutu, koska palotilanteen mitoituskuorma on Eurokoodin mukaan jopa aiempaa suurempi ja tällöin Eurokoodin ennustaman betonite-rästen alhaisemman mitoituslämpötilan vaikutukset kompensoituvat.

Liittopilari on palomitoituksen kannalta mielenkiintoisin tarkastelun kohde. Sen osalta on kuitenkin muistettava, että polttokokein kalibroivien taivutusjäykkyyden pienennyskerrointen arvojen puuttuessa ei virallisesti hyväksyttävää betonitäyteen putkipilarin palomitoitusta ole mahdollista suorittaa. Betonitäyteen teräslittopilarin suunnitteluohejeen (Try, 2004) mukaisilla arvoilla tehdyt vertailulaskelmat kuitenkin osoittavat kapasiteettien kasvavan merkittävästikin eurokoodien myötä. Tähän vaikuttaa luonnollisesti myös normaaliämpötilan kapasiteettien kasvu. Eurokoodin mukainen liittopilarin palomitoitusmenetelmä on putteistaan huolimatta, tai niiden johdosta, suoraivainen ja helpokäyttöinen.

8
Deltapalkin ja -pilarin liitos.

DESIGN OF CONCRETE-STEEL COMPOSITE STRUCTURES ACCORDING TO EUROCODES

Master's thesis "Design of concrete-steel composite structures according to Eurocodes", prepared at the Tampere University of Technology in 2009, facilitates the adoption of the Eurocodes through an analysis of service temperature and fire design according to standards EN 1994-1-1 and EN 1994-1-2. A design guideline for Eurocode 4 was drawn up in the thesis, taking Finnish practices into account. The changes that will be caused to the confidence level and calculation methods in comparison with old design guideline By26 and application guideline By36 for Eurocode 4 were also established.

The Finnish Building Code has not included an independent part focusing on composite structures. On the other hand, guidelines By26 and By36 share the same background with standard EN 1994-1-1. There is no similar parallelism with regard to fire design.

Eurocode 4 is an improvement to a situation where guidelines By26 and By36 contained partly overlapping and inconsistent information. It constitutes a consistent collection of regulations and guidelines to support design. A problem that EC4 poses, however, is related to the exact delimitation of the applicability of the design rules, which may result in uncertainty about the applicability of calculation methods. This results from the general objective of eurocodes to apply the most recent research data.