



RAKENNUSTIETO >

Rakennusalan täyden palvelun tietotalo

Rakennustieto Oy edistää hyvää rakennustapaa ja tuottaa rakentamisesta luotettavaa tietoa. Puolueettoman ja asiakaslähtöisen Rakennustieto Oy:n tuotteet kattavat rakentamisen koko elinkaaren suunnittelusta ylläpitoon. Yhtiön omistaa Rakennustietosäätiö RTS.

Tutustu palveluihimme

> rakennustieto.fi/rk/palvelut

Rakentajain kalenterin artikkelit

Tämä artikkeli on julkaistu alun perin Rakentajain kalenterissa, jota ovat julkaisseet Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry.

Julkaisu oli rakennusalan ammattilaisten ja opiskelijoiden käsikirja, joka yhdisteli teoriaa ja käytäntöä sekä kannusti hyvään rakentamiseen. Artikkelin vasemmassa reunassa olevasta vesileimasta näkee ko. Rakentajain kalenterin vuosikerran.

> [Artikkeliarkisto, kokoelma vuosien 1997–2018 Rakentajain kalenterissa julkaistuista artikkeleista](#)

EN 1992-1-1: Uusi eurocode 2 standardi betonirakenteiden suunnittelua varten

Matti V. Leskelä, tekniikan tohtori
Erikoistutkija, Oulun yliopisto
matti.leskela@oulu.fi

Betonin Eurocode-standardien käyttö

Suomessa betonirakenteita on voinut suunnitella vuodesta 1992 lähtien periaatteessa kahta eri suunnitteluohjeistoa käyttäen, Suomen rakentamääräyskokoelmaan sisältyvää osaa B4 tai vaihtoehtoisesti vuonna 1991 julkaistua eurooppalaista CEN-standardia SFS-ENV 1992-1-1 soveltaen. ENV-standardit laadittiin esistandardeiksi, joiden eräs käyttötarkoitus oli kokemusten hankkiminen ko. standardien käyttökelpoisuudesta. Niiden käyttöä oli alkujaankin suunniteltu rajalliseksi sitä varten, että ne korvautuvat aikanaan lopullisilla EN-standardeilla, jotka perustuvat ENV-standardeista saatuihin kokemuksiin ja joita kehitetään ilmitulleiden tarpeiden perusteella.

SFS-EN 1992-1-1 [1] on uusi betonirakenteiden suunnittelu Eurocode 2, jonka CEN on julkaissut englanninkielisenä vuoden 2004 lopussa. Sen jaotuksellinen sisältö on kokenut suuren muutoksen standardiin SFS-ENV 1992-1-1 verrattuna; lyhyesti voidaan todeta, että sama koskee myös muita EN-standardeja vastaaviin ENV-versioihin verrattuna. Tämä muutos parantaa standardien käytettävyyttä, koska kaikissa Eurocodeissa on nyt periaatteessa toisiaan vastaavat sisällön järjestykset.

Jokaisen Eurocoden laatimisesta on vastannut eri maiden asiantuntijoista koottu projektiyryhmä, jonka tehtävänä oli aikaansaada vähitellen lopulliseksi standardiksi kehittyvä luonnos standardin sisällöstä ja tekstistä. Luonnoksia ovat kommentoineet kansalliset tukiryhmät kussakin CENin jäsenmaassa. Projektiyryhmän prEN 1992-1-1 kokoonpano on ollut: prof. Walraven, Hollanti (puheenjohtaja), dipl.ins. Bui, Ranska, prof. Zilch, Saksa, prof. Corres Peiretti, Espanja, tri Westerberg, Ruotsi ja dipl.ins. Whittle, Englanti. Projektiyryhmä on aloittanut työn 1998 ja ensimmäinen kommentointiin tarkoitettu luonnos on julkaistu v. 2001. Lopullinen, jäsenmaiden hyväksymisäänestyksen läpikäynyt luonnos on vuoden 2003 lopusta. Hyväksymisäänestys vuonna 2004 ei ole ollut yksimielinen, Tanska on äänestänyt esitystä vastaan.

Eurocode-standardit julkaistaan alkuperäisinä kolmena kieliversiona, Englanti, Saksa ja Ranska. Muut kieliversiot CENin jäsenmaissa perustuvat kansallisiin käännöksiin, joista vastaavat kansalliset standardisointiorganisaatiot. CENin jäsenmaita, jotka mainitaan SFS-EN 1992-1-1 kansilehdellä, ovat Itävalta, Belgia, Kypros, Tšekki, Tanska, Eesti, Suomi, Ranska, Saksa, Kreikka, Unkari, Islanti, Irlanti, Italia, Latvia, Liettua, Luxemburg, Malta, Hollanti, Norja, Puola, Portugali, Slovakia, Slovenia, Espanja, Ruotsi, Sveitsi ja Yhdistynyt Kuningaskunta (Englanti). SFS-EN 1992-1-1 korvaa esistandardit SFS-ENV 1992-1-1 (1991), SFS-ENV 1992-1-3 (1994), SFS-ENV 1992-1-4 (1994), SFS-ENV 1992-1-5 (1994), SFS-ENV 1992-1-6 (1994) ja SFS-ENV 1992-3 (1998).

Suomessa ympäristöministeriö on alustavasti kaavailut, että ensimmäistä Eurocode-pakettia, johon myös SFS-EN 1992-1-1 kuuluu, voitaisiin alkaa käyttämään rinnakkain rakentamismääräyskokoelman B-sarjan kanssa vuoden 2007 loppupuolella. Ympäristöministeriö luopuu lopulta rakentamismääräysten B-sarjasta vuoden 2010 aikana, jonka jälkeen kaikki suunnittelu tapahtuu Eurocode-standardien mukaisesti. Rinnakkaisesta käytöstä on huomattava, että kaikissa Eurocode-standardeissa korostetaan sitä, ettei eri suunnitteluohjeita saa käyttää ristiin tai soveltaen ohjeita eri suunnittelujärjestelmien mukaisesti. Koko rakenne tai rakennus on aina suunniteltava kokonaan samaa ohjeistoa käyttäen.

Eurocode 2 sisällön rakenne

Eri rakennusmateriaaleja koskevissa EN-Eurocodeissa sisältö on sovittu samalla tavoin jaetuksi, mikä helpottaa käyttäjää etsimään samansisältöisiä asioita samoin merkityistä luvuista. Eurocode 2:ssa luvut ovat:

1. Yleistä
2. Mitoituksen perusteet
3. Materiaalit
4. Säilyvyys ja betonipeite
5. Rakenneanalyysi

6. Murtorajatilat
7. Käyttörajatilat
8. Raudoituksen ja jänneterästen yksityiskoh-
tien säännöt
9. Rakenneosien yksityiskohtien säännöt
10. Elementtejä ja elementtirakenteita koske-
vat lisäsäännöt
11. Kevytkiviainesbetonista tehdyt rakenteet
12. Raudoittamattomat ja vähän raudoitettut
betonirakenteet
- Liite A. Materiaaliosavarmuuslukujen muut-
taminen
- Liite B. Viruma- ja kutistumismuodonmuu-
tokset
- Liite C. Raudoituksen ominaisuudet
- Liite D. Jänneterästen relaksaatiohäviön yksi-
tyiskohtainen laskentamenetelmä
- Liite E. Betonin lujuusluokan valinta raken-
teen säilyvyyden kannalta
- Liite F. Vetoraudoituksen lausekkeet kun ra-
kenteessa vaikuttaa tasojännitystila
- Liite G. Perusmaan, perustuksien ja varsinai-
sen rakennuksen yhteisvaikutus
- Liite H. Geometrisen epälineaarisuuden vai-
kutukset rakenteissa
- Liite I. Pilarilaattojen ja leikkauseinien ra-
kennanalyysi
- Liite J. Eräiden rakenneyksityiskohtien sään-
töjä.

Kansallinen liite

Jokaisessa Eurocodessa on kansallinen liite, jos-
sa ilmoitetaan Suomessa käytettävät arvot kai-
kille parametreille, joihin sisältyy kansallisen
valinnan mahdollisuus. Standardien alussa on
luettelo näistä kohdista ja asianomaisissa koh-
dissa ilmoitetaan parametrin suositeltava arvo.
Eurocode 2:ssa tyypillisiä kansallisesti valitta-
via parametrejä ovat materiaalien osavarmuus-
luvut, betonipeitteet ja erilaiset kertoimet, joilla
säädelään geometrisen epälineaarisuuden vai-
kutuksen tarkastelua. Nämä kaikki säätelevät
kansallista varmuustasoa. Eurocodessa 2:ssa ei
ole betoninormien kaltaista rakenneluokitusta,
joka mahdollistaisi materiaaliosavarmuuksien
valinnan rakenneluokkaa vastaavasti. Kansalli-
sen liitteen avulla betoninormien rakenneluok-
kien mukaista järjestelmää voidaan jäljitellä,
vaikkakin kovin vaikeaselkoisesti (ottaen huo-
mioon liitteen A säännöt).

Muihin Eurocodeihin verrattuna SFS-EN
1992-1-1 sisältämä kansallisesti valittavien pa-
rametrien lukumäärä on huomattavan suuri:
kansallisen valinnan sisältäviä kohtia on kaikki-
aan 120 ja useissa kohdissa valittavia paramet-
reja on enemmän kuin yksi. Vaikka valtaosalle
parametrejä voidaan selvästi ja perustellusti
käyttää suositeltavaa arvoa, jää jäljelle vielä pal-
jon arvoja, joiden suuruus on etsitty mm. vertai-

lulaskelmilla siten, että saadaan vastaavuus ny-
kyiseen betoninormien mukaiseen mitoittukseen.

Mitä EN-Eurocode 2:ssa on ja mitä siinä ei ole

Mekaniikka ja luonnonlait ovat muuttumatto-
mia ja niihin Eurocodet eivät puutu. Periaattees-
sa mitkään Eurocodet eivät sisällä oppikirjama-
teriaalia, jollaiseksi katsotaan esimerkiksi plas-
tisuusteoria (mm. taivutetun poikkileikkauksen
tarkastelu plastisten jännitysuorakaiteiden
avulla) tai kimmoteoria (mm. halkeilemattoman
ja halkeilleen teräsbetonipoikkileikkauksen
taivutusjäykkyysominaisuudet). Oleellisia uusia
teoreettisia keksintöjä ei ole tehty ja siten suuria
periaatteellisia muutoksia hyvän suunnittelun
perusteisiin ei ole tiedossa, kun EN-Eurocode 2
tulee käyttöön. Kaikkien Eurocode-standardien
laatimisessa on periaatteena ollut, että käytetään
vain käytännössä koeteltuja, vakiintuneita ja hy-
väksi todettuja mitoitusääntöjä. Jää käyttäjien
päättäväksi, onko tämä periaate kaikilta osin
toteutunut.

Eurocodien myötä joudutaan suunnittelussa
omaksumaan ja ottamaan käyttöön uusi merkin-
täsymboleikka, joka on yhteinen jokaisen ma-
teriaalinen Eurocodeissa niin pitkälle kuin se on
mahdollista. EN-standardien symboliikka on
huomattavan erilainen kuin RakMK B-osissa ja
poikkeaa lisäksi joissakin kohdissa ENV-stand-
ardien symboliikasta. Uuden symboliikan omak-
sumisen helpottamiseksi kirjassa by 210 [3]
käytetään kauttaaltaan EN-Eurocode 2:n sym-
boliikkaa, myös suomalaisten betoninormien
asioita esitettäessä.

Mitoitusta käsittelevät luvut

Tässä kohdassa tarkastellaan vain lukujen 3, 4,
5, 6 ja 7 sisältöön liittyviä tärkeimpiä asioita.

Luku 3: Materiaalit

Luvussa esitetään betonin, raudoituksen ja jän-
neterästen jännitys-muodonmuutosmallit. Be-
toninormeista ja ENV-Eurocodesta poiketen
betonille esitetään tarkemmat materiaalmallit,
jotka sisältävät mm. lujuuden muuttumisen mo-
niakselisesti rasitetussa betonissa. Puristetun
betonin lujuusmallin avulla voidaan tarkastella
myös poikittaisen laajenemisen eston vaikutus-
ta betonin puristuslujuuteen. Laajenemisen es-
toille käytetään nimitystä *sulkemisvaikutus*, jol-
lainen muodostuu esimerkiksi pilarissa hyvin ti-
heiden hakojen vaikutuksesta. Eurocode 2 ei
esitä, kuinka laajenemisen esto muutetaan sul-
kemisvaikutuksesta aiheutuviksi poikittaisiksi

puristusjännityksiksi ja tällainen tieto on haettava muista lähteistä ([2], [3]).

Suunnittelun lujuusluokat ja erilaiset kaavat, joissa betonin lujuus esiintyy, perustuvat lie-riölujuuteen f_{ck} , joka muuttuu 5 MPa portain siirryttäessä lujuusluokasta toiseen. Tämä aiheuttaa sen, että luokkien kuutiolujuudet eivät muutu samanlaisissa portaissa. Lujuusluokkien merkintä, esimerkiksi C30/37 osoittaa sekä lie-riö- että kuutiolujuuden. Korkein lujuusluokka voidaan valita kansallisesti ja sen suositeltava arvo on C90/105.

Raudoituksen ja jänneteräksien jännitys-venymämallit mahdollistavat myös lujenemisen tarkastelun taiputuskestävyyden laskennassa, mitä kuitenkin voidaan käyttää vain muodonmuutoksien rajoittamiseen perustuissa menetelmissä. Käsilaskentaa varten on olemassa totuttu ideaalikkimoplastinen jännitysmalli, mis- sä myötäämisen alkamisen jälkeen jännitys pysyy muuttumatta ja teräksen venymää ei tarvitse rajoittaa. Jänneteräksien myötölujuutena $f_{p0,1k}$ käytetään 0,1 % pysyvää venymää vastaavaa jännitystä.

Luku 4: Säilyvyys ja betonipeite

Rakenteiden säilyvyysehtojen perusteeksi luvussa esitetään ympäristörasitusluokat, jotka ovat myös vuoden 2004 betoninormeissa. Eurocode 2 mukaan säilyvyyteen vaikutetaan eniten betonipeitteen paksuudella. Pienin betonipeite on aina suurin niistä arvoista jotka säätelevät tankojen ankkurointia tai määräytyvät ympäris- töolosuhteiden perusteella. Myös betonipeitteen määrittelyyn liittyy kansallisesti valittava para- metrejä.

Luku 5: Rakenneanalyysi

Luvussa esitetään erilaiset rakennetarkastelun vaihtoehdot ja niihin liittyvät reunaehdot: taipu- tetuissa rakenteissa momenttien uudelleenja- kaantumisen rajat ja plastisen nivelen kiertymis-

kyky. Puristetuissa sauvoissa ja pilareissa esiin- tyvän geometrisen epälineaarisuuden tarkaste- luun esitetään kaksi menetelmää, (1) nimelli- seen taiputusjäykkyteen perustuva momentin suurenuskertoimen menetelmä ja (2) pilarin ni- melliseen kaarevuuteen perustuva menetelmä, jossa momenttia kasvatetaan kaarevuudesta ai- heutuvan lisäepäkeskisyyden avulla. Tämä on periaatteessa sama menetelmä kuin betoninor- meissa. Jännitettyjen rakenteiden rakenneana- lyyysiä varten esitetään yksityiskohtaiset ohjeet jännevoimassa tapahtuvista välittömistä ja ajas- ta riippuvista häviöistä.

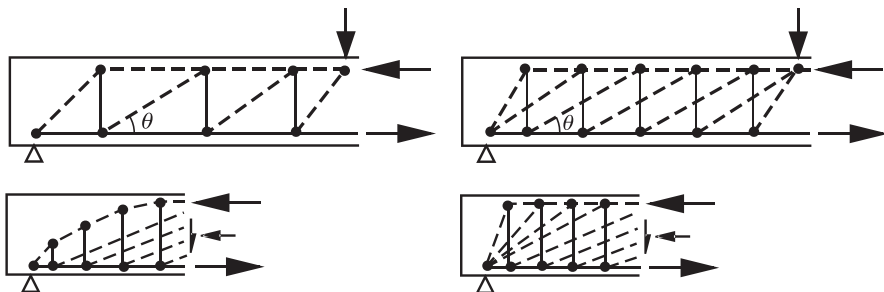
Rakenteita mitoitettaessa kiinnitetään aina huomiota staattisen tasapainon voimassa oloon rakenteen ulkoisten voimasuureiden ja sisäisten jännitysresultanttien kesken. Monien tasapaino- mallien taustalla on olemassa raudoituksen ja betonin toiminta ristikkomallien mukaisesti: ristikat muodostuvat vetosauvoista (raudoitus), puristusauvoista (betoni) sekä näitä yhdistävis- tä solmuista. Eurocode 2 sisältää joukon ohjeita ristikon sauvojen ja solmujen kestävyystarkas- telusta. Kuitenkaan käytännön ohjeita ristikko- mallin muodostamisesta ei esitetä. Lisätietoa voi kuitenkin etsiä muista lähteistä [3, 8].

Luku 6: Murtorajatilat

Mitoitus taiputuksen suhteen

Luku 6 sisältää taiputuskestävyyden laskemi- sessa huomioon otettavat reunaehdot ja oletuk- set, säännöt leikkauskestävyyden laskemiseksi ja leikkausraudoituksen vaatimukset. Taiputus- kestävyuden laskemiseksi ei esitetä mitään sul- jettuja kaavoja, mutta kaikki jännitysuorakai- teiden käyttöön perustuvat lähteessä [3] esitetyt perinteiset kaavat ovat sopivia, kun otetaan huo- mioon luvun 3 mukaiset mitoituslujuudet.

Tasapainoraudoituksen määrittelevät raudoi- tussuhteet eivät oleellisesti poikkeava totuista, koska betonin suurin puristuma poikki leikkauk- sen murtorajatilassa on sama kuin betoninor- meissa. Kansallisesti valittavien parametrien



Kuva 1. Esimerkki palkin leikkauskestävyyden tarkasteluun sopivista ristikkomalleista.

avulla on mahdollista säätää betonin mitoituslujuus sellaiseksi, että poikkileikkauksien taivutuskestävyys on samanarvoinen kuin betoninormien mukaan lasketuna.

Mitoitus leikkauksen suhteen

Leikkaukskestävyyden ja lävistyskestävyyden mitoituskaavat ovat kokonaan toisella tavalla rakennettuja kuin monissa kansallisissa normeissa. Leikkaukskestävyyden toteamisessa erotetaan seuraavat tapaukset:

$V_{Rd,c}$ on leikkauusraudoituksettoman rakenteen mitoituskestävyys

$V_{Rd,s}$ on leikkauusraudoituksen myötäamiseen perustuva mitoituskestävyys

$V_{Rd,max}$ on mitoituskestävyyden yläraja, joka perustuu betonin vinoon puristumurttoon.

Rakenteet jaetaan kahteen pääryhmään sen mukaan tarvitaanko niissä leikkauusraudoitusta vai ei. Pääsäännön mukaan kaikki muut rakenteet kuin laatat (joissa kuorma voi jakaantua uudelleen kantosuuntaa vastaan kohtisuorasti) tai merkitykseltään vähäiset kannattajat tulee varustaa kauttaaltaan vähintään minimileikkauusraudoituksella $A_{sv,min} = \rho_{w,min} s b_w \sin \alpha$, missä $s \leq s_{l,max}$ on hakojen jakoväli, b_w on poikkileikkauksen uuman leveys ja α on haan kaltevuuskulma. $\rho_{w,min}$ ja $s_{l,max}$ ovat kansallisesti valittavia parametrejä, joiden suositeltavat arvot ovat

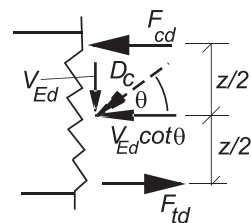
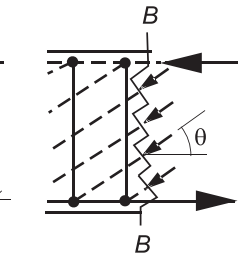
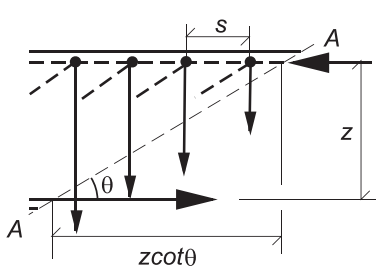
$$\rho_{w,min} = \frac{0,08 \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} \text{ ja } s_{l,max} = 0,75d(1 + \cot \alpha)$$

On huomattava, että ENV-Eurocode 2:ssa oleva minimileikkauusraudoitusvaatimus on 25...15 % korkeampi kuin EN-Eurocode 2:ssa.

Leikkauusraudoituksettoman rakenteen leikkaukskestävyys on $V_{Rd,c} = V_{Rd,c} b_w d$, jossa leikkaukslujuuden mitoitusarvo $V_{Rd,c}$ on

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} k \sqrt{100 \rho_1 f_{ck}} + k_1 \sigma_{cp}; \quad V_{Rd,c} \geq v_{min} + k_1 \sigma_{cp}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0; \quad \rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w d} \leq 0,02; \quad \sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0,2 f_{cd}$$



Lausekkeissa A_{sl} on matkan $\geq (l_{bd} + d)$ tarkasteltavan leikkauksen ohi jatkuvan vetorausoitukseen ala, puristava normaalivoima N_{Ed} on positiivinen ja hyötykorkeus d otetaan mm:nä. l_{bd} on ankkurointipituuden mitoitusarvo. Leikkaukslujuus $v_{Rd,c}$ on tyyppillinen esimerkki Eurocode 2:n rakenteesta ja siihen sisältyy muodollisesti kolme kansallisesti valittavaa parametriä, $C_{Rd,c}$, k_1 ja v_{min} , joiden suositeltavat arvot ovat:

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c}; \quad k_1 = 0,15; \quad v_{min} = 0,035 k^{3/2} \sqrt{f_{ck}}$$

Leikkauusraudoitetun rakenteen kestävyys $V_{Rd,s}$ ja sen yläraja $V_{Rd,max}$ perustuvat ristikkomallin, jossa puristuskaistojen kaltevuus θ on muuttuva.

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha; \quad z = 0,9d$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd} \frac{\cot \theta + \cot \alpha}{1 + \cot^2 \theta}$$

jossa f_{ywd} on hakateräksen mitoituslujuus, A_{sw} on hakaterästen poikkileikkauksen ala välillä s ja b_w on poikkileikkauksen pienin leveys ristikkomallin kuuluvien paarteiden välisellä korkeudella. Käytännössä vinohakojen käyttö on hankalaa ja $V_{Rd,s}$ sekä $V_{Rd,max}$ lausekkeet yksinkertaistuvat, kun $\alpha = 90$ astetta.

Näihinkin lausekkeisiin sisältyy kansallisesti valittavia parametrejä, $\cot \theta$, α_{cw} ja v_1 . $\cot \theta$:lle annetaan ala- ja yläraja-arvo, joiden väliltä suunnittelija voi valita tehtävänsä sopivan arvon. Suositeltavat rajat ovat $1 \leq \cot \theta \leq 2,5$. Leikkaukskestävyyden ylärajaa säätelee poikkileikkauksessa vaikuttava puristava normaalivoima, jonka funktio α_{cw} :n suositeltava arvo on (kun normaalivoima on nolla, $\alpha_{cw} = 1$). v_1 suositeltava arvo on tavanomaisissa betoniluokissa $v_1 = 0,6$.

Raudoituksen vetovoima, joka täytyy kyetä ankkuroimaan valitun kulman θ mukaisesti on

$$F_{td} = \frac{|M_{Ed}|}{z} + \frac{1}{2} |V_{Ed}| (\cot \theta - \cot \alpha)$$

joka tarkoittaa sitä, että momentin M_{Ed} ja leikkausvoiman V_{Ed} merkistä riippumatta leikkausvoima kasvattaa aina ankkuroitavaa vetovoimaa pääraudoituksessa.

Huomautetaan, että leikkausraudoituksen myöntämisen perustuva kestävyys $V_{Rd,s}$ on tässä tapauksessa koko kestävyys eikä siihen lisätä mitään betonin osuutta, kuten esimerkiksi betoninormeissa tehdään. Suunnittelun historiasta voidaan todeta, että $V_{Rd,s}(\cot \theta = 1)$ on itse asiassa sama kuin lauseke, jonka E. Mörsch [7] lähes sata vuotta sitten johti raudoituksen leikkauskestävyydelle olettaen puristusdiagonaalien kaltevuudeksi 45 astetta.

Koska kyseinen kestävyys on paljon pienempi kuin kokeissa saavutettavat arvot, selitettiin eroja betonin leikkauskestävyydellä, joka lisättiin raudoituksen myöntämiskestävyyteen. Muutettu puristusdiagonaalien kaltevuus tekee leikkauskestävyyden laskemisen yksinkertaisemmaksi, sillä päästäkseen totuttuja hakamääriä käyttäen samaan kestävyuteen kuin betoninor-

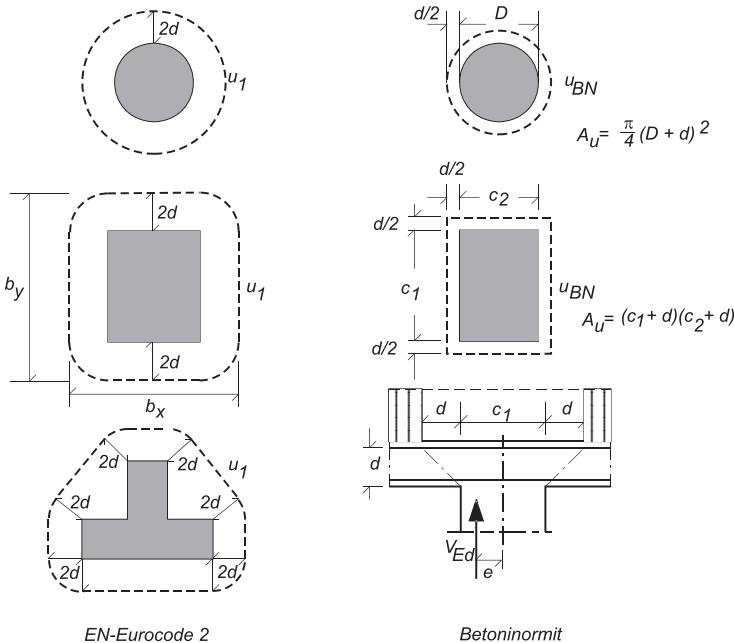
meissa, suunnittelija joutuu poikkeuksetta valitsemaan $\cot \theta$:lle yläraja-arvon. Kun kulma θ on ehkä puolet kokeissa esiintyvistä leikkaushalkeilun kaltevuudesta, se tarkoittaa että halkeamien kaltevuus ei ole sama kuin oletetulla puristusdiagonaalilla.

Laattojen, erityisesti pilarilaattojen lävistyskestävyys pistekuormien V_{Ed} suhteen lasketaan muodollisesti samaa leikkauslujuutta $v_{Rd,c}$ käyttäen kuin leikkausraudoittamattoman rakenteen leikkauskestävyys. Kuormasta V_{Ed} aiheutuva kriittinen leikkausjännitys v_{Ed} ei saa ylittää leikkauslujuutta

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_1 d} \leq v_{Rd,c}$$

missä u_1 on lävistyksen kriittisen piirin pituus ja $d = (d_x + d_y)/2$ on laatan ristikkäisten suuntien z ja y keskimääräinen hyötykorkeus. Kertoimen β avulla otetaan huomioon pilarilaatoissa lävistysalueella esiintyvän taiputuksen vaikutukset.

Kun lävistyskestävyys on sidottu samanlaisesta lausekkeesta laskettavaan leikkauslujuuteen kuin leikkausraudoittamattomassa rakenteessa yleensä, kriittisen piirin u_1 avulla täytyy säätää lävistyskestävyys $v_{Rd,c} u_1 d / \beta$ koetuloksia vastaavaksi. Tällä perusteella malliin liittyvä



Kuva 3. Lävistyksen kriittisen piirin määrittely EN-Eurocode 2:ssa ja betoninormeissa.

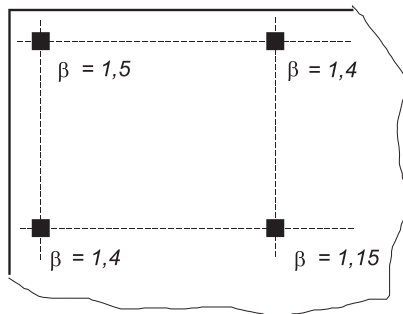
kriittinen piiri sijaitsee etäisyydellä $2d$ pilarin tai kuormittavan alueen reunasta. Kuvassa 3 esitetään EN-Eurocode 2 ja betoninormien mukaiset kriittisten piirien perusmäärittelyt, joita ei pidä sekoittaa keskenään, koska ne perustuvat eri tavoin määriteltyyn lävistyslujuuteen.

Lävistyslujuus $V_{Rd,c}$ sisältää samat kansallisesti valittavat parametrit kuin vastaava lujuus leikkausraudoittamattomassa rakenteessa aikaisemmin. Lävistyslujuuden suuruuteen liittyy kuitenkin ongelma, koska koetuloksien perusteella suuruus riippuu laatan keskimääräisen hyötykorkeuden d ja pilarin koon (mitta c_c) suhteesta (kuva 6). Tätä riippuvuutta ei ole sisällytetty leikkauskestävyysmalliin. Suomessa päädyttiin siihen, että kansallisesti valittava kerroin $C_{Rd,c}$ asetettiin rakenteen geometrian funktioksi, $C_{Rd,c} = C_{Rd,c,FIN}$

$$C_{Rd,c,FIN} = \frac{0,3 \left(\frac{c_c}{d} + 1,5 \right)}{\gamma_c \left(\frac{c_c}{d} + 4 \right)}; \quad c_c = \sqrt{c_1 c_2} \text{ tai pilarin halkaisija}$$

jossa c_1 ja c_2 ovat suorakaidepilarin sivumitat.

Parametrien u_1 ja β laskemisesta löytyy standardista ohjeita peräti neljä sivua, kun otetaan huomioon pilarin sijainti laatussa. Kun pilarilaataan liittyvä kehärakenne on jäykistetty niin, ettei pilareja käytetä rungon stabiilisuuden varmistamiseen, β voidaan valita helpommin standardin kuvasta 6.21N, jossa esitetään kansallisten valintojen perusteeksi β :n suositeltavat arvot.



Kuva 4. β :n suositeltavat arvot SFS-EN 1992-1-1 kuvan 6.21N mukaisesti.

Usein lävistyskestävyyttä joudutaan lisäämään pilarin ympärillä tasaisesti olevalla leikkausraudoituksella tai lävistysvahvikkeilla. Leikkausraudoitusta voi olla useana tasavälein s_r jaettuna kehänä. Leikkausraudoituksella vahvistettuna lävistyslujuus lasketaan kaavasta

$$V_{Rd,cs} = 0,75 v_{Rd,c} + 1,5 \frac{d}{s_r} \frac{A_{sw} f_{ywd,ef}}{u_1 d} \sin \alpha$$

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0,25d \leq f_{ywd}$$

jossa A_{sw} on yhdessä kehässä olevan leikkausraudoituksen poikkileikkauksen kokonaisala, s_r on leikkausraudoituskehien jakoväli ja α on leikkausraudoituksen kaltevuuskulma. Jos leikkausraudoitus muodostuu alastaivutetusta yläpinnan raudoituksesta, asetetaan $d/s_r = 0,67$.

Leikkauskestävyyteen liittyviä tunnuslukuja
Kestävyuden yläraja $V_{Rd,max}$ perustuu betonin puristusurtoon diagonaalissa tehollisen jännityksen $\sigma_{c,max} = v_1 f_{cd}$ vaikuttaessa. $V_{Rd,max}$ on $\cot\theta$:n funktio ja on huomattava, että se tulee valita samaksi sekä $V_{Rd,s}$:n ja $V_{Rd,max}$:n samaa tapausta tarkoittavissa laskennoissa. Tämän perusteella voidaan määrittellä leikkausraudoitussuhteen

$$\text{hyödyllinen yläraja} \quad \rho_{w,max} = \frac{A_{sw,max}}{b_w s \sin \alpha},$$

jonka yli hakoja ei kannata lisätä. Se ratkaistaan merkitsemällä $V_{Rd,s}$ ja $V_{Rd,max}$ lausekkeet yhtä suuriksi. Tarkastellaan pystyhakojen tapausta ($\alpha = 90$ astetta), jolloin saadaan

$$\rho_{w,max} = \frac{\alpha_{cw} v_1 f_{cd}}{f_{ywd} (1 + \cot^2 \theta)}$$

Nyt suhde $\rho_{w,max} / \rho_{pw,min} = 5,75 \sqrt{f_{ck}} / (1 + \cot^2 \theta)$,

kun $\alpha_{cw} = 1$, $v_1 = 0,6$, $\gamma_s = 1,15$ sekä $\gamma_c = 1,5$. Suhteen arvo on pienimmillään betoniluokan ollessa C16/20, mutta silloinkin aina yli kolme $\cot \theta$:n arvosta riippumatta. Tyypillisemmissä betoniluokissa C25/30 tai korkeampi saadaan suhteelle aina vähintään arvo neljä.

Leikkauskestävyyksien vertailut SFS-EN 1992-1-1 ja by 50 välillä

SFS-EN 1992-1-1 ja betoninormien by 50 mukaisia kestävyyskertoimia vertaillaan seuraavaksi leikkausraudoitetun ja leikkausraudoittamattoman rakenteen tapauksessa. Lisäksi tutkitaan vastaavien lävistyskestävyyksien keskinäistä suuruutta.

Leikkausraudoitetun rakenteen kestävyyskertoimien vertailu

SFS-EN 1992-1-1 merkintäsymboliikkaa käyttäen betoninormien mukainen leikkauskestävyys $V_{Rd,BN}$ pystyhakojen tapauksessa on

$$V_{Rd,BN} = 0,5 b_w d f_{ctd} + 0,9 s_w f_{ywd} \frac{d}{s};$$

$$f_{ctd} = \frac{0,2 f_{ck,cube}^{2/3}}{\gamma_c} = \frac{0,23 f_{ck}^{2/3}}{\gamma_c}$$

ja suhde $V_{Rd,s}/V_{Rd,BN} = r_{V_s,EC2,BN}$ on

$$\frac{V_{Rd,s}}{V_{Rd,BN}} = \frac{0,9A_{sw}f_{ywd} \frac{d}{s} \cot \theta}{0,5b_w d f_{ctd} + 0,9A_{sw}f_{ywd} \frac{d}{s}} = \frac{\cot \theta}{\frac{0,555f_{ctd}}{\rho_w f_{ywd}} + 1}$$

$$r_{V_s,EC2,BN}(f_{ck}, f_{ywk}, \rho_w, \cot \theta)$$

Suhteen suuruus riippuu materiaaliominaisuuksista, leikkausraudoituksen määrästä ja valitusta $\cot \theta$:n arvosta. Seuraavassa kuvassa esitetään suhteen muuttuminen leikkausraudoitussuhteen funktiona, kun $f_{ck} = 25, 30$ ja 35 , $f_{ywk} = 500$ sekä $\cot \theta = 2,5$. Kuvan tapauksessa $\rho_{w,min} = 0,0008 \dots 0,00095$ ja minimileikkausraudoitusta vastaavissa tapauksissa leikkauskestävyyksien suhde on alle 0,8, eli betoninormien mukainen kestävyys on selvästi suurempi. Leikkausraudoituksen lisääntyessä suhteen arvo kasvaa ja ylittää ykkösen, kun $\rho_w = 1,5\rho_{w,min}$. Käytännön tapauksissa EN-Eurocode 2 antaa siis suuremman mitoituskestävyyden.

Betoninormeissa leikkauskestävyyden yläraja on pystyhakojen tapauksessa $V_{Rd,max,BN} = 0,25b_w d f_{cd}$. Suhde $r_{Vmax} = V_{Rd,max}/V_{Rd,max,BN}$ on

$$r_{Vmax} = \frac{V_{Rd,max}}{V_{Rd,max,BN}} = 3,6\alpha_{cw} \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta} v_1$$

Kun $\alpha_{cw} = 1$, $\cot \theta = 2,5$ ja $v_1 = 0,6$, $r_{Vmax} = 0,745$.

Leikkausraudoittamattoman rakenteen kestävyyksien vertailu

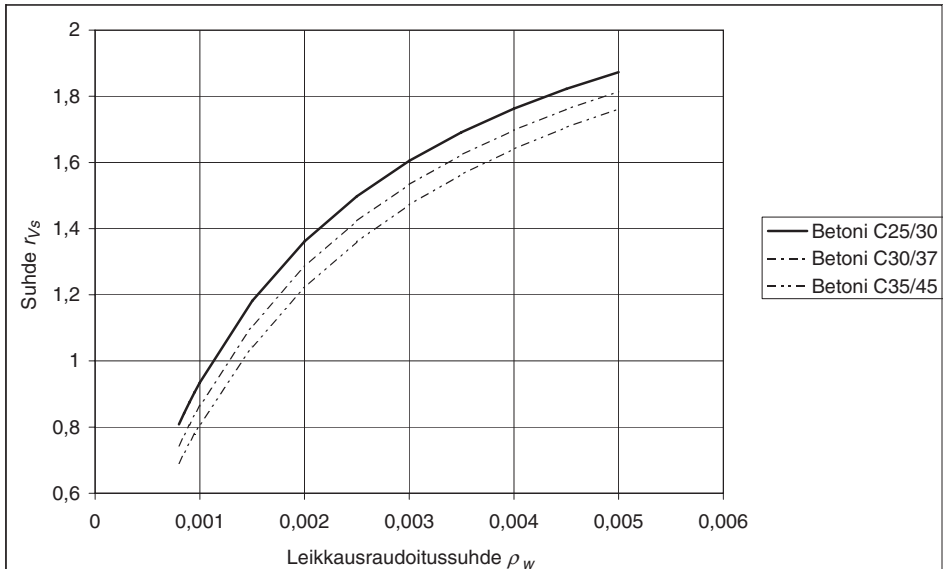
Suhde $r_{Vc} = V_{Rd,c}/V_{Rd,c,BN}$ on

$$r_{Vc}(d, f_{ck}, \rho_1) = \frac{V_{Rd,c}}{V_{Rd,c,BN}} = \frac{\max\{C_{Rd,c} k \sqrt[3]{100 \rho_1 f_{ck}}, 0,035k^{3/2} \sqrt{f_{ck}}\}}{0,3k_{BN}(1 + 50 \rho_1) f_{ctk} / \gamma_c}$$

$$f_{ctk} = 0,23 f_{ck}^{2/3}; k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2; k_{BN} =$$

$$1,6 - \frac{d}{1000} \geq 1; \rho_1 = \frac{A_{sl}}{bd} \leq 0,02$$

Numeerisen tarkastelun perusteella r_{Vc} on aina pienempi kuin yksi ja vetorausuhteen ρ_1 tavanomaisilla arvoilla keskimäärin 0,75. Betoniluokka vaikuttaa niin, että suhteen suuruus pienenee f_{ck} :n kasvaessa, eli Eurocode 2 antaa aina pienemmän kestävyys kuin betoninormit by50.



Kuva 5. EN-Eurocode 2 ja betoninormien mukaisen leikkauskestävyyden suhteen muuttuminen leikkausraudoitussuhteen funktiona.

Laattojen lävistyskestävyyden vertailu

Tarkastellaan lävistyskestävyyksiä pilarilaatton keskijäsenen kohdalla, kun laatan paksuus on 200 mm, ja laataassa on rauditus $\varnothing 16$ k150 (S500) molempiin suuntiin. Keskimääräinen raudoitussuhde $\rho_1 = 0,00844$, kun $d = 159$ mm. Pilarit ovat neliöpilareita, joiden sivumitta on c .

EN-Eurocode 2 mukainen kestävyys on

$$V_{Rd,c} = v_{Rd,c} \frac{u,d}{\beta}; v_{Rd,c} = C_{Rd,c,FIN} k \sqrt[3]{100 \rho_1 f_{ck}}$$

Betoninormien mukainen kestävyys on

$$V_{Rd,BN} = k_{BN} \beta_{BN} (1 + 50 \rho_1) u_{BN} d f_{ctd};$$

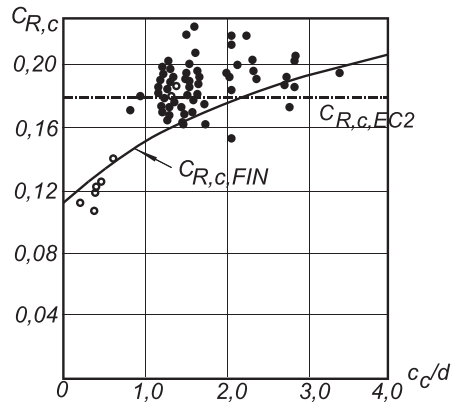
$$f_{ctd} = 0,23 \frac{f_{ck}^{2/3}}{\gamma_c}; \beta_{BN} = \frac{0,4}{\beta}$$

$$k_{BN} = 1,6 - \frac{d}{1000}$$

Kun $u_1 = 4(c + \pi d)$ ja $u_{BN} = 4(c + d)$, lävistyskestävyyksien suhde r_{VP} on tässä tapauksessa

$$r_{VP} = \frac{V_{Rd,c}}{V_{Rd,BN}} = \frac{3}{f_{ck}^{1/3}} \left(\frac{c}{d} + 1,5 \right) \left(\frac{c}{d} + \pi \right) \left(\frac{c}{d} + 4 \right) \left(\frac{c}{d} + 1 \right)$$

Kun betoni on C30/37 ja $c/d = 1 \dots 3$, suhde r_{VP} on likimain yksi. Siten kantavuus on sama sekä Eurocode 2:n ja betoninormien by50 mukaan mitoittaen. Jos kuitenkin $V_{Rd,c}$ lasketaan käyttäen kertoimelle $C_{Rd,c}$ EN-Eurocode 2:n suosittelemaa vakioarvoa $0,18/\gamma_c$ (kuvasa 6 pistekatkoiviiva), suhde r_{VP} muuttuu voimakkaasti c/d :n muuttuessa.



Kuva 6. Kertoimen $C_{R,c}$ vertaaminen koetulokseen ($C_{Rd,c} = C_{R,c}/\gamma_c$).

Luku 7: Käyttörajatilat

Halkeamaleveyksien rajoittaminen

Käyttörajatilatarkasteluissa halkeamaleveyksien rajoittamisella vaikutetaan betonirakenteen säilyvyyteen. Verrataan aluksi halkeamaleveysvaatimuksia betoninormien by 50 (taulukko 1) ja SFS-EN 1992-1-1 kesken (taulukko 2).

Taulukossa 2 mainitut SFS-EN 1990 [6] mukaiset kuormitusyhdistelmät ovat

Pitkäaikaiskuormien yhdistelmä:

$$G_k + \Sigma \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Tavallinen kuormitusyhdistelmä:

$$G_k + \Psi_{1,1} Q_{k,1} + \Sigma \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

joihin kertoimet $\Psi_{1,i}$ ja $\Psi_{2,i}$ otetaan SFS-EN 1990 kansallisen liitteen taulukosta A1.1 (FIN).

Taulukko 1. Betoninormien (by50 taulukon 2.16a mukaan) vaatimukset rakenteen tiivyyden ja halkeilun rajoittamisen suhteen.

- (a) Pitkäaikaiskuormiin liittyvät ehdot
(b) Lyhytaikaiskuormiin liittyvät ehdot

Säilyvyys suunnittelun mukainen rasitusluokka	Korroosioherkkä rauditus *)	Muu rauditus
XS2, XS3, XD2, XD3XF4, XA3 "Vaikeat olosuhteet"	(a) ja (b) mitoitus vetojännitysrajatilan mukaan	(a) $w_k \leq 0,1$ mm (b) $w_k \leq 0,2$ mm
XC2, XC3, XC4, XS1, XD4XF1, XF2, XF3, XA1, XA2 "Tavalliset olosuhteet"	(a) mitoitus vetojännitysrajatilan mukaan (b) $w_k \leq 0,1$ mm	(a) $w_k \leq 0,2$ mm (b) $w_k \leq 0,3$ mm
X0, XC1 "Ei vaaraa raudituksen syöpmiselle = helpot olosuhteet"	(a) $w_k \leq 0,2$ mm (b) $w_k \leq 0,3$ mm	Ei vaatimuksia

Korroosioherkkä rauditus on sellaista, joka on otettu huomioon taivutuskestävyyttä laskettaessa ja sen halkaisija on enintään 4 mm. Lisäksi katsotaan korroosioherkäksi kaikki kylmämuokattu rauditus, jossa pitkäaikainen jännitys on yli 400 MPa.

Taulukko 2. Rasisitusluokista riippuvat rajatilat SFS-EN 1992-1-1 taulukon 7.1N mukaan.

EC2 rasisitusluokka	Teräsbetonirakenteet ja tartunnattomin jäntein valmistetut jännitetyt rakenteet	Tartuntajäntein valmistetut jännitetyt rakenteet
	Pitkäaikaiskuormien yhdistelmä	Tavallinen kuormitusyhdistelmä
X0, XC1	$w_{\max} = 0,4 \text{ mm}^1$	$w_{\max} = 0,2 \text{ mm}$
XC2, XC3, XC4	$w_{\max} = 0,3 \text{ mm}$	$w_{\max} = 0,2 \text{ mm}^2$
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3		Vetojännitysrajatila

- 1) Rasisitusluokissa X0 ja XC1 halkeamaleveydellä ei ole vaikutusta säilyvyyteen ja 0,4 mm halkeamaraja on asetettu vain ulkonäkövaatimuksien perusteella.
- 2) Rasisitusluokissa XC2, XC3 ja XC4 tulee tarkistaa myös vetojännitysrajatila pitkäaikaiskuormien yhdistelmälle.

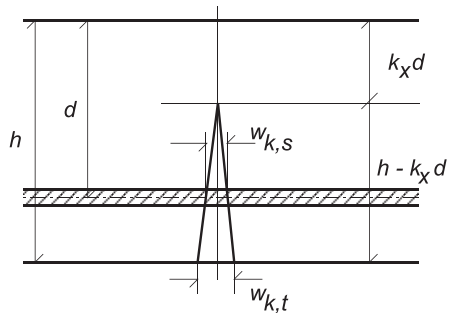
Periaatteessa voidaan katsoa, että taulukon 1 ehdot (a) vastaavat SFS-EN 1990 pitkäaikaiskuormien yhdistelmää. Sen sijaan tavallinen kuormitusyhdistelmä antaa pienemmät voima-suureet kuin taulukon 1 (b)-tapaus = lyhytaikaiskuormien vaikutukset, jos tämä tarkoittaa kuormia $G_k + Q_k$.

Halkeamaleveystarkastelut EN-Eurocode 2:ssa muodostavat selvän ongelmakohdan suomalaisen säilyvyysmitoituksen kannalta jo senkin vuoksi, että halkeamaleveyksien rajat ovat väljemmät kuin betoninormeissa. EN-Eurocode 2 sisältää kokonaan uuden menetelmän halkeaman ominaisleveyden laskemiseksi, joka toki antaa samanlaisia numeerisia arvoja kuin ENV-Eurocode 2 menetelmä. Kuitenkin betoninormien mukaisiin halkeamaleveyksiin verrattuna sekä ENV- että EN-Eurocode 2 mukaisilla lausekkeilla lasketut halkeamaleveydet ovat merkittävästi pienempiä siten, että poikkileikkauksen korkeus h vaikuttaa selvästi eron suuruuteen: erot ovat suurimmillaan kun h on pieni (laatat). Eroja ei poista sekään, että betoninormien mukaan halkeamaleveydet lasketaan minimibetonipeitettä c_{\min} käyttäen ja EN-Eurocode 2:ssa käytetään nimellistä peitettä c_{nom} . Useimmiten voidaan asettaa, että $c_{\text{nom}} = c_{\min} + 10 \text{ mm}$.

Betoninormien halkeamaleveys w_k tarkoittaa mittaa betonin pinnassa. Sen sijaan ei ole missään selvästi sanottu, mikä on SFS-EN 1992-1-1 halkeamaleveyden w_k määrittelypaikka. Numeerisilla tarkasteluilla voidaan todeta, että vertailtavat halkeamaleveydet saadaan vastaamaan paremmin toisiaan, jos Eurocode 2:n mukaiset leveydet oletetaan laskettavaksi raudoituksen pinnassa ($w_k = w_{k,s}$). Tällöin ne on muunnettava betonin pinnassa oleviksi halkeamaleveyksiksi $w_{k,t}$ [3]

$$w_{k,t} = w_{k,s} \frac{1 - k_x}{h} \frac{1}{1 - k_x}$$

jossa $k_x = x/d$ on poikkileikkauksen puristetun osan suhteellinen korkeus.


 Kuva 7. Halkeamaleveyksien $w_{k,t}$ ja $w_{k,s}$ määrittely.

Säilyvyyden kannalta eniten merkitystä on laattojen yläpinnassa olevilla halkeamilla, jotka muodostuvat laatan jatkuville tuille. Halkeamaleveyskaavat ovat muodoltaan sellaisia että betonipeitteen suuruus vaikuttaa halkeamavälien suuruuteen ja sitä kautta muodostuvaan halkeamaleveyteen. Jos tukiraudoitus ei sijaitse oletetuissa kohdissa vaan yleensä alempana, betonipeite muuttuu ja tukiraudoituksen helposti muuttuva sijoitus suurentaa sekä betonin pinnassa että tankojen pinnassa esiintyviä halkeamaleveyksiä.

Taipumat

Taipumia voidaan EN-Eurocode 2:ssa kontrolloida joko välillisesti rajoittamalla rakenteen jänteen ja poikkileikkauksen hyötykorkeuden suhteen l/d suuruutta tai laskemalla taipumat. Rajasuhteille l/d on annettu kaksi lauseketta yhtälöinä (7.16), joilla voi tarkistaa, täyttävätkö tarkasteltavan rakenteen geometria suuruusvaatimuksen. Lausekkeiden yleisyys on kuitenkin osoittautunut huonoksi ja eräissä tapauksissa tarkistuksesta voi saada selvästi virheellisen tuloksen, tästä eräs esimerkki esitetään kirjassa by210 [3]. Lausekkeet sopivat parhaiten yksinkertaisesti tuettuihin rakenteisiin. Sen vuoksi

Suomessa vaaditaan, että epäsuoraa menetelmää ei käytetä lainkaan, vaan taipumat laskeetaan aina. Taipumien laskemisessa tarvittavat jäykkyudet arvioidaan EN-Eurocode 2:ssa samalla periaatteella kuin betoninormeissa (jäykkyyksien interpolointi halkeilemattoman ja halkeilleen poikkileikkauksen arvojen välillä).

Siirtyminen käytännössä Eurocoden mukaiseen betonirakenteiden suunnitteluun

Kaikkien standardien myynti ja jakelu Suomessa kuuluu Suomen standardisoimisliitolle. SFS-EN 1992-1-1 ei sisällä kovin paljon viitauksia toisiin Eurocode-standardeihin, joten betonirakenteiden suunnittelija tulee toimeen kohtalaisen hyvin yhdellä niteellä ja asianomaisella kansallisella liitteellä. Suomenkielisessä käännöksessä otetaan huomioon alkuperäisen standardin kirjoitusvirheet ja virheelliset viitaukset, joita tekstiin on jäänyt.

EN-Eurocode 2:ssa korostuu monissa paikoissa rakenteen toiminnan mekaanisen mallin käyttö, mitä on pidettävä hyvänä asiana. Mallien taustoja ei esitetä, mutta useissa tapauksissa on käytetty apuna CEB:n mallinormia [2], jonka taustatietoja puolestaan on lähteessä [8]. by210 sisältää myös tietoja Eurocode 2 sisällöstä ja Eurocode-maailmaan siirtymisen helpottamiseksi myös betoninormien asiat on kirjoitettu tähän kirjaan Eurocoden symboliikkaa noudattaen.

Eurocode 2 mitoitusmallit ja kaavat

Eurocodeissa esiintyy hyvin monimutkaisia ja paljon parametrejä sisältäviä kaavoja, jotka manuaalisessa käytössä saattavat tuntua hankalilta. Kaavat ovat ensisijaisesti suunnittelu- ja laskentaohjelmiin soveltuvia. Myös EN-Eurocode 2:n sujuva soveltaminen edellyttää erilaisten laskennan apuvälineiden käyttöä (laskentaohjelmat, taulukkolaskentakaavakkeet, MathCad-kaaviot). Eurocodeissa ei esitetä kaavojen taustoja, mutta jokaisen Eurocoden tausta-asiakirjoista on mahdollista saada tietoja, joiden perusteella kaavat on laadittu. Kuitenkin on hyvä tietää, että kaikki taustatieto ei ole viimeisteltyä eikä helposti avautuvaa. Eurocode 2 tausta-asiakirjoihin tutustumisen perusteella joukossa on myös yksipuolisesti ja huonosti kirjoitettuja dokumentteja.

Kansallisesti valittavat arvot ja kansallinen liite

Jotta SFS-EN 1992-1-1 on saatu kohtuullisessa ajassa valmiiksi ja eri maiden hyväksymäksi, on

pitänyt sallia poikkeuksellisen laaja valikoima kansallisesti valittavia arvoja (NDP), joiden avulla voidaan säätää mm. kansallista varmuustasoa niin, ettei se poikkea merkittävästi totutusta. Suomen kansallisessa liitteessä esitetään kaikki arvot, joita Suomeen suunniteltaessa on käytettävä. Suuri osa NDP-arvoista voidaan varauksetta asettaa suositeltavaan arvoonsa, mutta ei välttämättä kaikkia.

Eurocode-opaat ja selitysteokset

Myös SFS-EN 1992-1-1 käyttöä varten tarvittaisiin kansantajuistettu opas, jonka avulla käyttäjä voi helposti löytää vastauksen tavallisiin ongelmiinsa, joilta käyttöä aloitettaessa ei voi välttyä. by 210 [3] palvellee osittain tätä tarkoitusta, mutta on yksinään liian laaja jokapäiväiseen käyttöön. Tämän lisäksi by-sarjassa tullaan julkaisemaan apuneuvoja tulkinnanvaraisten tarkastelujen täsmentämiseksi (ks. tämän artikkelin kohdat *Halkeamaleveyksien rajoittaminen ja Taipumat*). Koska EN-Eurocode 2:ssa on paljon CEB:n mallinormista [2] otettua aineistoa, mallinormin selitysteksteiksi laadituista fib:n oppikirjoista [8] voi löytyä selittävää tietoa. EN-Eurocode 2 suomennos valmistuu vuonna 2007 ja on käytettävissä rinnakkaiskäytön alkaessa. Jotta siirtyminen Eurocodien käyttöön sujuisi juohevasti, on myös suunniteltu mm. neuvontapisteiden perustamista.

Eurocode-standardeihin siirtyminen on suuren luokan uudistus, jonka kaikki vaikutukset näkyvät vasta aktiivisen käytön alettua. Käyttöön tutustuminen kannattaa aloittaa niin pian kuin mahdollista.

LÄHDEVIITTAUKSET

- [1] SFS-EN 1992-1-1: Design of concrete structures, general rules and rules for buildings. CEN 2004
- [2] CEB-FIP Model Code 1990. Design Code. Thomas Telford Services Ltd, London 1993
- [3] by 210: Betonirakenteiden suunnittelu ja mitoitus 2005. Suomen betoniyhdistys 2006
- [4] Virtanen, M.J., Eurokoodien käyttöönoton aikataulu varmistunut. Rakennuslehti 23.3.2006
- [5] by 50: Betoninormit 2005. Suomen betoniyhdistys 2004
- [6] SFS-EN 1990: Basis of design. CEN 2001. Suomenkielinen versio Rakenteiden suunnitteluperusteet, huhtikuu 2002
- [7] Mörsch, E., Der Eisenbetonbau, Seine Theorie und Anwendung. V1, Part 1 Wittmer, Stuttgart 1920
- [8] fib Bulletin 2, Structural Concrete. Textbook on Behaviour, Design and Performance. Updated knowledge of the CEB/FIP Model Code 1990, Volumes 1 and 2, July 1999. Sprint Druck Stuttgart.