

## Betonirakenteiden suunnittelu eurokoodien mukaan

### Osa 8: Taipuma

#### Johdanto

Eurokoodien käyttöönotto kantavien rakenteiden suunnittelussa on merkittävin suunnitteluohjeita koskeva muutos kautta aikojen. Koko Eurooppa on siirtymässä vuonna 2010 yhteisiin rakenteiden suunnitteluohjeisiin, jolloin lähes kaikista kansallisista suunnitteluohjeista ja standardeista luovutaan.

Tämä julkaisu on osa opassarjaa ”Betonirakenteiden suunnittelu eurokoodien mukaan”. Oppaiden avulla pyritään helpottamaan siirtymistä eurokoodimittotukseen betonirakenteiden suunnittelussa. Oppaissa on koottu yhteen tyypillisten betonirakenteiden suunnittelussa tarvittavat avaintiedot ja selitykset.

Tämä julkaisusarja on laadittu alun perin Englannissa, ja sen on julkaissut UK Concrete Centre. European Concrete Platform ([www.europeanconcrete.eu/](http://www.europeanconcrete.eu/)) on hankkinut julkaisuoikeudet ja luovuttanut ne eurooppalaisten betoni- ja sementtiteollisuusjärjestöjen (BIBM, Cembureau, ERMCO, EFCA) kansallisille jäsenjärjestöille. RTT Betonitoimiala on kääntänyt oppaat suomeksi ja muuttanut ne Suomen kansallisten liitteiden mukaisiksi. Työ on rahoitettu osittain Rakennustuotteiden Laatu -säätiön tuella.



#### Taipuman rajoittaminen

Rakenneosien siirtymien ja taipumien rajoittamisen tarkoituksena on varmistaa rakenteiden tarkoituksenmukainen toiminta kaikissa tilanteissa. Taipumien rajoittamisen syynä saattaa olla myös ulkonäköseikat. Usein sallitun taipuman suuruuden määrää tarkasteltavaan rakenteeseen liittyvät muut rakenteet. Tällaisia ovat esimerkiksi palkin tai laatan päällä olevat siirtymille herkät laitteet tai rakenteet, kuten lasirakenteet, väliseinät, pintarakenteet, jne. Erityisen loivilla vesikatoilla taipumaraja saattaa määräytyä myös vedenpoiston toiminnan varmistamisesta. Taivutettujen rakenteiden taipumaan voidaan vaikuttaa oikealla betonimassan valinnalla, hyvällä jälkihoidolla ja huolehtimalla siitä, että rakennetta ei kuormiteta liian aikaisin.

Eurokoodi EN 1992-1-1 ei anna selkeitä ohjeita hyväksyttävälle taipumalle tai kuormitusyhdistelmälle, jolla taipuma tulisi tarkastella. Yleisenä ohjeena todetaan ”Rakenteen ulkonäköä ja yleistä käyttökelpoisuutta voi huonontaa, kun palkin, laatan tai ulokkeen laskettu taipuma pitkäaikaiskuormien vallitessa ylittää jännemitan jaettuna luvulla 250”. Suunnittelijan tulee kuitenkin aina määrätä taipumaraja tilanteeseen sopivaksi, huomioiden tarkasteltavan rakenteen toiminnan ja ulkonäön lisäksi myös kaikkien liittyvien rakenteiden asettamat vaatimukset.

Käytettävän kuormitusyhdistelmän valinnassa tulee huomioida eurokoodin EN 1990 vaatimukset. Sen mukaisesti palautumattomille rajatiloille tulee käyttää kuormien ominaisyhdistelmää. Arvioitaessa, onko rajatila palautuva vai palautumaton, tulee huomioida myös liittyvät rakenteet. Esimerkiksi taipuma saattaa tiiliseinästä kannattavan palkin kannalta olla palautuva rajatila. Mikäli tiiliseinä halkeaa ja halkeamat heikentävät pysyvästi seinän ääneneristävyyttä, palkin taipumaa on käsiteltävä palautumattomana rajatilana.

Taipumille herkkien rakenteiden, kuten muuratut väliseinät, toiminnan varmistamiseksi tulee rajoittaa niiden rakentamisen jälkeen tapahtuva taipuma arvoon jännemitta jaettuna luvulla 500. Tähän taipumaan ei tarvitse laskea ennen taipumalle herkkien rakenneosien rakentamista aiheutunutta kimmoista taipumaa, mutta viruman vaikutus taipumaan tulee huomioida kaikelle pitkäaikaiselle kuormitukselle.

## Taipuman tarkistusmenetelmät

Tässä oppaassa esitetään, kuinka taipumien laskennallinen tarkistus suoritetaan eurokoodin EN 1992-1-1<sup>1</sup> mukaisesti. Vaihtoehtoisena menetelmänä eurokoodin EN 1992-1-1 vaatimusten täyttämiseen käytetään jännemitan (L) ja tehollisen korkeuden (d) suhdetta, jonka katsotaan täyttävän vaatimukset. Vaihtoehtoinen menetelmä on sopiva ja taloudellinen useimmissa mitoituksissa. Lisäohjeita L/d -menetelmästä on tämän sarjan oppaissa palkit<sup>2</sup>, laatat<sup>3</sup> ja pilarilaatat<sup>4</sup>. Tilanteet, joissa taipuman laskenta on tarpeellista, ovat seuraavat:

- kun tarvitaan arvio taipuman suuruudesta.
- kun pitkäaikaisille kuormille taipumaraja L/250 (ks. eurokoodisanasto viitteestä 5) tai väliseinien ja/tai verhouselementtien asennuksen jälkeen aiheutuvalle taipumalle raja-arvo L/500 ei ole sopiva.
- kun mitoitus edellyttää poikkeuksellisen matalaa rakenneosaa, taipuman laskenta saattaa johtaa taloudellisempaan ratkaisuun.
- kun määritetään betonin varhaisiässä tapahtuvan muottien purkamisen tai rakentamisen aikaisen väliaikaisen kuormituksen vaikutusta taipumaan.

## Yleiskatsaus

Aiemmin betonirakenteiden jännevälit olivat melko lyhyitä ja poikkileikkaukset korkeita. Teknologian kehittymisen ja käytännön kokemuksen perusteella on siirrytty matalampiin ja taipuisampiin rakenteisiin. Tähän on useita syitä, mm.

- raudoituksen lujuudet ovat kasvaneet ja murtorajatilassa tarvitaan vähemmän raudoitusta. Tämä johtaa raudoituksen suurempaan jännitykseen myös käyttörajatilassa
- säilyvyysvaatimusten ja rakentamisajan lyhentämisen takia betonin suunnittelulujuudet ovat kasvaneet. Tällöin betoni on jäykempää ja jännitykset ovat käyttörajatilassa korkeampia.
- rakenteen toiminta ymmärretään paremmin ja monimutkaiset analyysit voidaan tehdä nopeasti tietokoneella.
- laatastojen on oltava kustannuksiltaan kilpailukykyisiä. Laatan paksuus määräytyy yleensä käyttörajatilassa taipuman perusteella. Laatat muodostavat 80...90 % rungon kustannuksista.
- asiakkaiden vaatimukset rakenteiden entistä pitemmistä jännemitoista ja entistä suuremmasta tilankäytön joustavuudesta.

### Mikä vaikuttaa taipumaan?

Taipumaan vaikuttavia tekijöitä on paljon, ja usein ne ovat ajasta ja toisistaan riippuvia, minkä takia taipuman arvioiminen on vaikeaa.

Tärkeimmät tekijät ovat:

- betonin vetolujuus
- viruma
- kimmokerroin

Muita tekijät ovat:

- tukien kiinnitysaste
- kuormituksen suuruus
- betonin ikä kuormituksen alkaessa
- kuormituksen kesto
- betonin halkeilu
- kutistuminen
- ympäristöolosuhteet
- muiden rakenteiden jäykistävä vaikutus

## Taipumaan vaikuttavat tekijät

Taipuma voidaan arvioida tarkasti vain, jos siihen vaikuttavat tekijät otetaan huomioon. Tärkeimpiä taipumaan vaikuttavia tekijöitä käsitellään yksityiskohtaisesti seuraavassa.

### Vetolujuus

Betonin vetolujuus on tärkeä ominaisuus, koska rakenne halkeaa vetojännityksen ylittäessä vetolujuuden. Halkeilun seurauksena rakenteen taivutusjäykkyys pienenee, mikä vaikuttaa taipuman suuruuteen. Eurokoodissa EN 1992-1-1 vetolujuutena käytetään keskimääräistä arvoa  $f_{ctm}$ . Halkeamakestävyys tai halkeamamomentti saadaan seuraavasta kaavasta:

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W_e \quad (1)$$

missä

$M_{cr}$  on halkeamamomentti

$f_{ctm}$  on betonin keskimääräinen vetolujuus

$W_e$  on rakenteen poikkileikkauksen kimmoinen taivutusvastus.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa B4 on esitetty halkeamakestävyydelle kaava, jossa on kerroin 1,7 yllä esitettyyn verrattuna. Tämän arvon on todettu olevan voimassa ainoastaan suhteellisen pienille poikkileikkauksille ja kaavan (1) antavan paremmin koetuloksia vastaavan arvon yleisesti käytettäville poikkileikkauksille.

Rakenteeseen saattaa aiheutua vetojännityksiä mikäli kutistuma tai lämpöliike on estetty. Tällöin rakenteen halkeamakestävyys pienenee, mikä voidaan ottaa huomioon pienentämällä  $f_{ctm}$ :n arvoa pakkovoimien aiheuttamalla vetojännityksellä. Kuvassa 1 on esitetty esimerkkejä miten jäykistävien rakenteiden sijoittelu vaikuttaa laatastion pakkovoimiin ja pakkovoimista aiheutuviin vetojännityksiin.

### Viruma

Viruma on betonin puristuman ajasta riippuva kasvu puristusjännityksen pysyessä vakiona. Viruma otetaan yleensä huomioon suunnittelussa modifioimalla kimmokerrointa virumaluvulla  $\varphi$ , joka riippuu betonin iästä kuormituksen alkaessa, sementtityypistä, rakenneosan mitoista ja ympäristöolosuhteista, erityisesti suhteellisesta kosteudesta. Virumaluvun määrittäminen on esitetty graafisesti kuvassa 5. Eurokoodin EN 1992-1-1 liitteessä B on yksityiskohtaisia ohjeita virumaluvun määrittämisestä laskemalla.

### Kimmokerroin

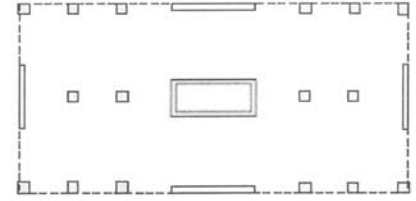
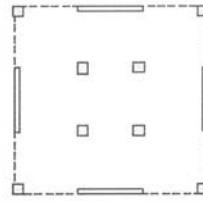
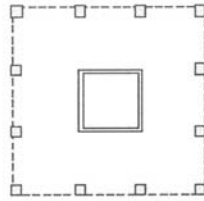
Betonin kimmokerroimeen vaikuttavat kiviaineksen tyyppi, työnsuoritus ja jälkihoito-olosuhteet. Pitkäaikaisessa kuormituksessa tehollinen kimmokerroin pienenee ajan mittaan viruman vaikutuksesta. Nämä tekijät tulee huomioida, kun määritetään käytettävää kimmokerrointa. Eurokoodin EN 1992-1-1 taulukossa 3.1 on annettu suositusarvot 28 vuorokauden ikää ja jännitystä  $0,4 \cdot f_{ctm}$  vastaavalle sekanttimuodulille sekä suositukset näiden arvojen muuntamisesta erityyppisille kiviaineksille. Tehollinen kimmokerroin voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$E_{c,ef} = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi}$$

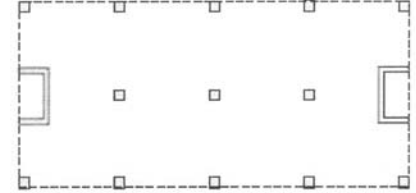
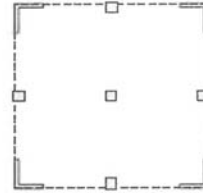
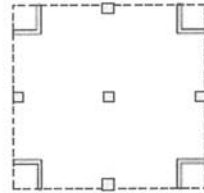
missä

$\varphi$  on virumaluku.

a) jäykistävien seinien sijoittelu, joka sallii laatan pakkovoimien aiheuttaman muodonmuutoksen



b) jäykistävien seinien sijoittelu, joka aiheuttaa estetyn muodonmuutoksen takia vetojännityksiä



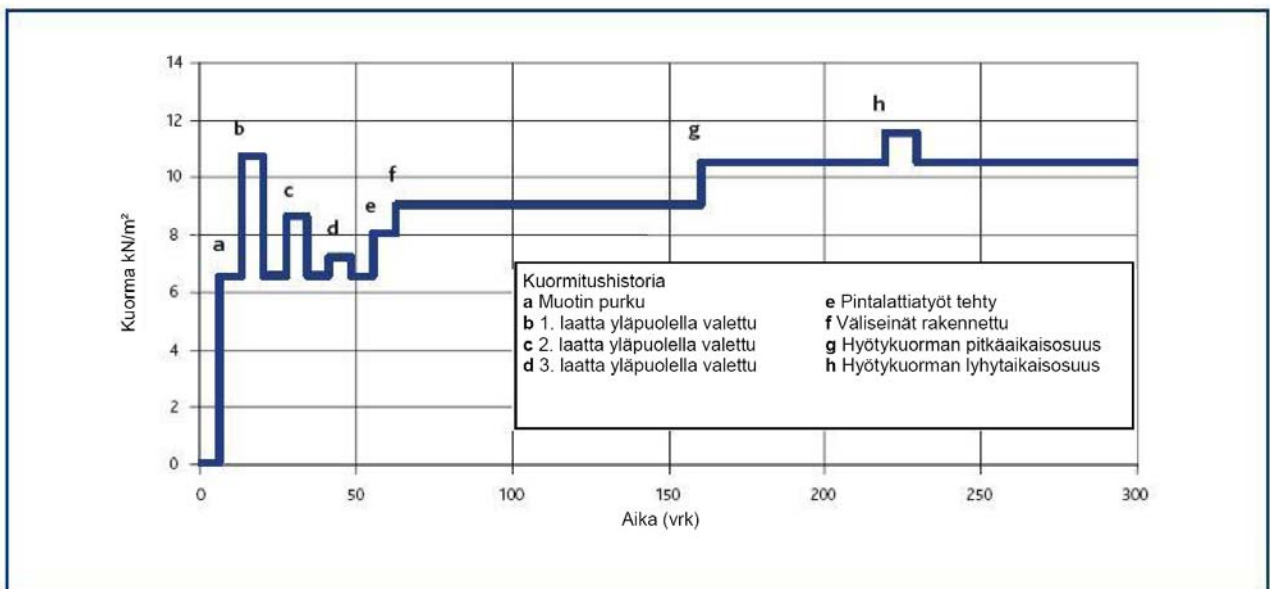
Kuva 1. Jäykistävien seinien sijoittelun vaikutus laatan vetojännityksiin.

### Kuormitushistoria

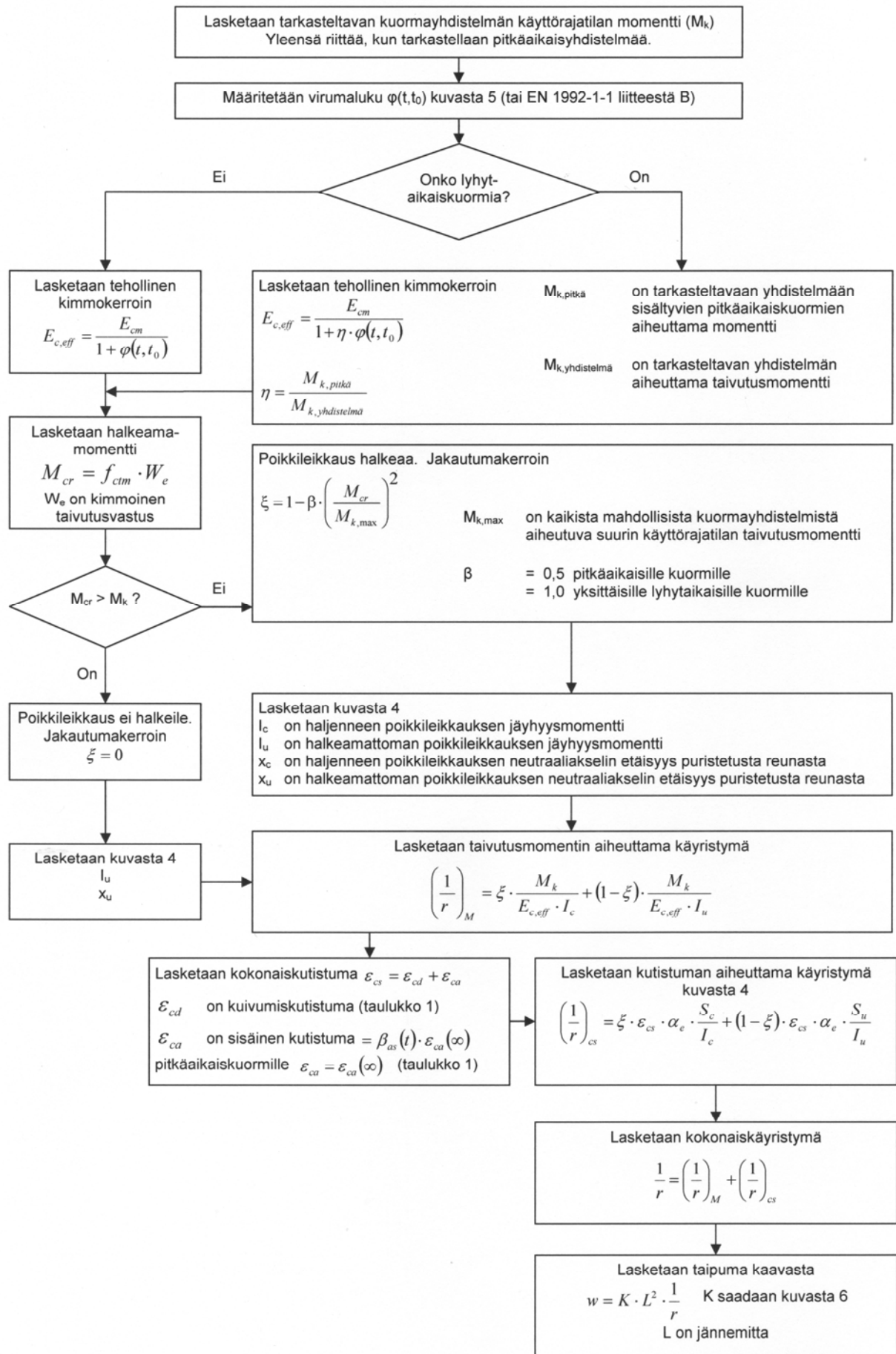
Kuormituksen ajankohta tulee huomioida taipumalaskelmissa, koska viruman suuruus on voimakkaasti riippuvainen betonin lujuudesta kuormitushetkellä ja viruma vaikuttaa lopulliseen taipumaan merkittävästi. Kuvassa 2 on esitetty tyypillinen laatan kuormitushistoria. Siitä nähdään, että laattaan kohdistuu suhteellisen suuria työnaikaisia kuormituksia yläpuolisten laattojen muottien tuennan takia. Työnaikaisten kuormitusten kohdistuminen valmiisiin rakenteisiin vaihtelee rakentamismenetelmästä riippuen.

Rakentamisen edetessä työnaikaiset kuormat yleensä pienenevät ja lopulliset kuormat alkavat kertyä väliseinien asennuksen ja pintarakenteiden rakentamisen edetessä. Lopuksi rakenteisiin kohdistuu myös hyötykuormat. Taipuma tarkastetaan yleensä pitkäaikaiselle kuormitusyhdistelmälle, mutta suunnittelijan on harkittava onko tarpeellista rajoittaa myös muiden kuormitustilanteiden aikaista taipumaa.

Muotit puretaan usein taloudellisista syistä mahdollisimman varhain ja rakentamista jatketaan seuraavista kerroksista käyttäen mahdollisimman vähän jälkituenta. Pilarilaatoille suoritetuilla testeillä on osoitettu, että alapuolinen laatta saattaa kantaa jopa 70 % valettavan laatan työnaikaisesta kuormituksesta. Muottien purkamisen varhaisessa vaiheessa ei kuitenkaan yleensä vaikuta väliseinien ja pintarakenteiden asentamisen jälkeiseen taipumaan merkittävästi. Tämä johtuu siitä, että niiden asentamisen jälkeinen taipuma jää pienemmäksi, kun laatta on halkeillut jo ennen niiden asentamista eikä vasta sen jälkeen.



Kuva 2. Esimerkki laatan kuormitushistoriasta



Kuva 3. Taipuman laskenta



## Halkeilu

Betonin poikkileikkausten taipuma liittyy läheisesti siihen, kuinka halkeilu etenee ja paljonko halkeilunkestävyys on ylitetty. Halkeaman syntymisajankohta riippuu laatan kuormitushetkestä ja betonin vetolujuuden kehityksestä (kasvaa iän myötä). Muotin purku tai yläpuolisen laatan valusta aiheutuvat kuormat ovat usein kriittisiä tilanteita. Jos laatta halkeaa, sen jäykkyys alenee pysyvästi.

## Kutistuman aiheuttama taipuma

Kutistuma riippuu vesi-sementtisuhteesta, suhteellisesta kosteudesta sekä rakenneosan mitoista ja muodosta. Epäsymmetrisesti raudoitettussa poikkileikkauksessa kutistuma aiheuttaa kaarevuutta, josta johtuva taipuma saattaa olla merkittävä matalissa rakenteissa. Kutistuman aiheuttama taipuma tulee ottaa huomioon taipumatarkasteluissa.

## Taipuman laskentamenetelmät

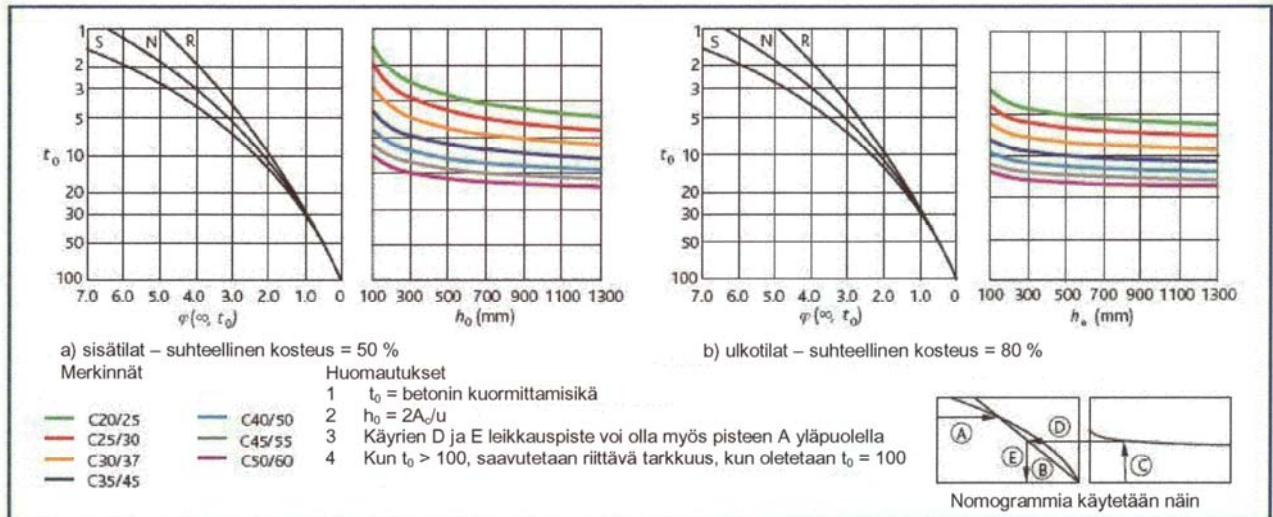
Teräsbetonirakenteen taiputusjäykkyys halkeilleessa tilassa on täysin ehjän ja täysin halkeilleen poikkileikkauksen jäykkyysien välissä. Tavanomaisten teräsbetonirakenteiden lopputilan taipuma voidaan laskea huomioimalla halkeilun aiheuttama taiputusjäykkyyden pieneneminen eurokoodissa EN 1992-1-1 esitetyn jakautumakertoimen avulla. Kun betonin vetojännitys kaikkialla rakenteessa on pienempi kuin vetolujuus, jakautumakerroin on nolla. Taipuman laskennan kulku on esitetty kuvassa 3 ja tarvittavat poikkileikkausarvojen laskentakaavat suorakaidepoikkileikkaukselle on esitetty kuvassa 4. Virumaluku voidaan määrittää kuvan 5 käyrillä tai eurokoodin EN 1992-1-1 liitteen B laskentakaavoilla. Tarkemmissa taipumalaskelmissa huomioidaan myös kuormitushistoria ja betonin ajasta riippuvat materiaaliominaisuudet kunkin kuormitusjakson aikana. Erityisesti lujuuden kehityksen varhaisvaiheessa vaikuttavat kuormat lisäävät lopputaipuman suuruutta merkittävästi.

Taulukko 1. Betonin ominaisuudet

$f_{ck}$	MPa	20	25	30	35	40	50
$f_{cm} = (f_{ck} + 8)$	MPa	28	33	38	43	48	58
$f_{ctm} = (0,3 f_{ck}^{(2/3)} \leq C50/60 \text{ tai } 2,12 \ln(1 + (f_{cm}/10)) > C50/60)$	MPa	2,21	2,56	2,90	3,21	3,51	4,07
$E_{cm} = (22 [(f_{cm}/10)]^{0,3})$	GPa	30,0	31,5	32,8	34,1	35,2	37,3
$\varepsilon_{cd,0}$ CEM luokka R, RH = 50 %	‰	0,746	0,706	0,668	0,632	0,598	0,536
$\varepsilon_{cd,0}$ CEM luokka R, RH = 80 %	‰	0,416	0,394	0,372	0,353	0,334	0,299
$\varepsilon_{cd,0}$ CEM luokka N, RH = 50 %	‰	0,544	0,512	0,482	0,454	0,428	0,379
$\varepsilon_{cd,0}$ CEM luokka N, RH = 80 %	‰	0,303	0,286	0,269	0,253	0,239	0,212
$\varepsilon_{cd,0}$ CEM luokka S, RH = 50 %	‰	0,441	0,413	0,387	0,363	0,340	0,298
$\varepsilon_{cd,0}$ CEM luokka S, RH = 80 %	‰	0,246	0,230	0,216	0,202	0,189	0,166
$\varepsilon_{ca}(\infty)$	‰	0,025	0,038	0,050	0,063	0,075	0,100

$x_u = \frac{bh^2}{2} + (\alpha_e - 1)(A_s d + A_{s2} d_2)$ $bh + (\alpha_e - 1)(A_s + A_{s2})$ $I_u = \frac{bh^3}{12} + bh \left( \frac{h}{2} - x_u \right)^2 + (\alpha_e - 1) \left[ A_s (d - x_u)^2 + A_{s2} (x_u - d_2)^2 \right]$ $x_c = \frac{\left[ (A_s \alpha_e + A_{s2} (\alpha_e - 1))^2 + 2b(A_s d \alpha_e + A_{s2} d_2 (\alpha_e - 1)) \right]^{0,5} - (A_s \alpha_e + A_{s2} (\alpha_e - 1))}{b}$ $I_c = \frac{bx_c^3}{3} + \alpha_e A_s (d - x_c)^2 + (\alpha_e - 1) A_{s2} (d_2 - x_c)^2$ $\frac{1}{r_{cs}} = \zeta \varepsilon_{cs} \alpha_e \frac{S_c}{I_c} + (1 - \zeta) \varepsilon_{cs} \alpha_e \frac{S_u}{I_u}$	<p><math>A_s</math> = vetorausituksen poikkileikkauksala  <math>A_{s2}</math> = puristusraudituksen poikkileikkauksala  <math>b</math> = poikkileikkauksen leveys  <math>d</math> = tehollinen korkeus vetorausitukseen nähden  <math>d_2</math> = tehollinen korkeus puristusrauditukseen nähden  <math>h</math> = poikkileikkauksen kokonaiskorkeus  <math>\alpha_e</math> = kimmokerroinsuhde  <math>S_u = A_s(d - x_u) - A_{s2}(x_u - d_2)</math>  <math>S_c = A_s(d - x_c) - A_{s2}(x_c - d_2)</math></p>
---	--

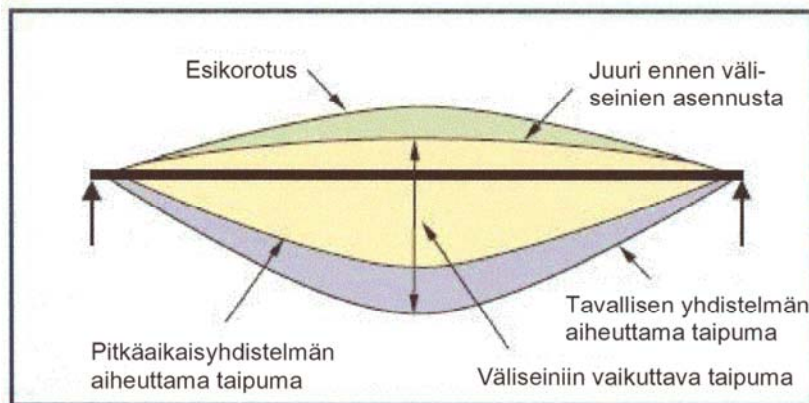
Kuva 4. Suorakaidepoikkileikkauksen jäykkyyden laskentakaavat



Kuva 5 Virumaluvun  $\varphi(\infty, t_0)$  määrittäminen

Kuormitus	Taivutusmomenttipinta	
		0.125
		$\frac{3-4a^2}{48(1-a)}$ Jos $a = \frac{1}{2}$ , $K = \frac{1}{12}$
		0.0625
		$0.125 - \frac{a^2}{6}$
		0.104
		0.102
		$K = 0.104 \left(1 - \frac{\beta}{10}\right)$ $\beta = \frac{M_A + M_B}{M_C}$
		Taipuma pään kohdalla $= \frac{a(3-a)}{6}$ Kuorma pään kohdalla $K = 0.333$
		$\frac{a(4-a)}{12}$ Jos $a = 1$ , $K = 0.25$
		$K = 0.083 \left(1 - \frac{\beta}{4}\right)$ $\beta = \frac{M_A + M_B}{M_C}$
		$\frac{1(5-4a^2)^2}{80(3-4a)}$

Kuva 6 K:n arvot eri taivutusmomenttipinnoille



Kuva 7. Laatan esikorotus

## Esikorotus

Vaakatasoisen alapuolisen taipuman pienentämiseksi voidaan käyttää esikorotusta. Todellisen taipuman arvioimisen vaikeuden takia esikorotusta käytetään yleensä liikaa ja laatat jäävät pysyvästi ylöspäin kaareviksi. Esikorotuksen suuruudeksi suositellaan pienempää arvoa kuin puolet pitkäaikaisyhdistelmän aiheuttamasta taipumasta. Esikorotus ei pienennä väliseiniin tai verhouksiin vaikuttavaa taipumaa.

## Tarkkuus

Taipuman suuruus riippuu monesta vaikeasti arvioitavasta tekijästä kuten työnaikainen kuormitus, pakko-voimien aiheuttama vetojännitys ja kimmokerroin. Tästä johtuen taipuman laskenta on aina vain arvio, ja jopa kehittyneimpien menetelmien tuloksissa voi olla -30 %...+15 % virhe. Taipuman arvioon on suositeltavaa liittää epätarkkuuteen liittyvä varoitus.

## Viitteet

- 1 SFS-EN 1992-1-1 Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt
- 2 RTT/betoni, Betonirakenteiden suunnittelu eurokoodien mukaan, Palkit.
- 3 RTT/betoni, Betonirakenteiden suunnittelu eurokoodien mukaan, Laatat.
- 4 RTT/betoni, Betonirakenteiden suunnittelu eurokoodien mukaan, Pilarilaatat.
- 5 RTT/betoni, Betonirakenteiden suunnittelu eurokoodien mukaan, Eurokoodimitoituksen perusteet.
- 6 BRITISH CEMENT ASSOCIATION. Early striking and improved backpropping. BCA, 2001. (Ladattavissa kotisivuilta [www.concretecentre.com](http://www.concretecentre.com))
- 7 PALLETT, P. Guide to flat slab formwork and falsework. Construct, 2003
- 8 THE CONCRETE SOCIETY. Technical report No. 58 Deflections in concrete slabs and beams. The Concrete Society, 2005.
- 9 GOODCHILD, C H & WEBSTER, R M. Spreadsheets for concrete design to BS 8110 and EC2, version 3. The Concrete Centre, Odotettavissa v. 2006.

## Lisäoppaita ja -ohjeita

- Tähän sarjaan sisältyy oppaat: *Eurokoodimitoituksen perusteet*, *Betonirakenteiden suunnitteluperusteet*, *Laatat*, *Palkit*, *Pilarit*, *Perustukset*, *Pilarilaatat ja Taipuma*. Nämä oppaat, muiden julkaisujen yksityiskohtia ja lisätietoja voi ladata vapaasti kotisivuilta <http://www.betoni.com/> tai <http://www.eurocodes.fi/>
- Tietoja kaikista uusista eurokoodeista on kotisivuilla <http://www.eurocodes.fi/>

Alkuperäisen oppaan ovat julkaisseet BCA ja The Concrete Centre in the UK. Julkaisun kirjoittajat ovat R Webster Ceng, FStructE ja O Brooker BEng, CEng, MICE, MStructE. Julkaisun ovat kääntäneet ja sovittaneet suomalaiseen käytäntöön Kari Silvennoinen, Tauno Hietanen, Timo Tikanoja ja Jouni Kalliomäki.

Julkaisija ja copyright: Rakennustuoteteollisuus RTT ry, betoniteollisuus -jaosto (seuraavassa RTT/betoni), versio 20.3.2012.

Kaikki oikeudet pidätetään. Tämän julkaisun sisällön tai sen osan kopioiminen, siirtäminen, jakelu tai tallentaminen missä muodossa tahansa on kiellettyä ilman RTT/betonin etukäteistä kirjallista suostumusta.

RTT/betoni katsoo tässä julkaisussa esitettyjen ohjeiden ja tietojen pitävän paikkansa julkaisuajankohtana.



Vaikka RTT/betonin tarkoitus on, että tässä julkaisussa esitetyt ohjeet ja tiedot ovat virheettömiä ja ajan tasalla, kumpaakaan ei voida taata. Jos RTT/betonille ilmoitetaan julkaisussa olevista virheistä, ne korjataan tarkoituksenmukaisella menetelmällä.

Julkaisussa esitetyt mielipiteet ovat osittain alkuperäisen englanninkielisen version kirjoittaneiden esittämiä, eikä RTT/betoni ota vastuuta niistä.

Ohjeet ja tiedot on tarkoitettu päteville henkilöille, jotka pystyvät soveltamaan tässä julkaisussa annettuja ohjeita ja tietoja ja ymmärtämään niihin liittyvät rajoitukset sekä ottamaan vastuun niiden soveltamisesta omassa työssään. RTT/betoni ei ole vastuussa mistään ohjeiden tai tietojen käytön aiheuttamasta suorasta tai epäsuorasta vahingosta.

Lukijoiden tulee ottaa huomioon, että RTT/betonin julkaisuja päivitetään ja varmistaa, että käytetään tämän julkaisun uusinta versiota.

Muutoshistoria:

Versio	Muutos
27.1.2010	Kuva 3:  Lasketaan kuvasta 4 $I_c$ on halkeilemattoman poikkileikkauksen jäyhyysmomentti $I_u$ on halkeilleen poikkileikkauksen jäyhyysmomentti $x_c$ on halkeamattoman poikkileikkauksen neutraaliakselin etäisyys puristetusta reunasta $x_u$ on haljenneen poikkileikkauksen neutraaliakselin etäisyys puristetusta reunasta  →  Lasketaan kuvasta 4 $I_c$ on haljenneen poikkileikkauksen jäyhyysmomentti $I_u$ on halkeamattoman poikkileikkauksen jäyhyysmomentti $x_c$ on haljenneen poikkileikkauksen neutraaliakselin etäisyys puristetusta reunasta $x_u$ on halkeamattoman poikkileikkauksen neutraaliakselin etäisyys puristetusta reunasta
11.2.2010	Kuva 3:  Lasketaan kuvasta 4 $I_c$ $x_c$  →  Lasketaan kuvasta 4 $I_u$ $x_u$
18.2.2011	Kuva 3:  Poikkileikkaus halkeaa. Jakautumakerroin:  $\xi = 1 - \beta \cdot \left( \frac{M_{cr}}{M_{k,max}} \right) \quad \rightarrow \quad \xi = 1 - \beta \cdot \left( \frac{M_{cr}}{M_{k,max}} \right)^2$