

Betonirakenteiden suunnittelu eurokoodien mukaan

Osa 6: Perustukset

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 eurokoodimitoitukseen 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/) on hankkinut julkaisu oikeudet 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 -säätöön tuella.



EN 1997 Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu

Soveltamisala

Perustukset tulee suunnitella siten, että maaperä kestää rakenteista aiheutuvat kuormat. Perustusten suunnittelussa on kaksi vaihetta: geotekninen suunnittelu ja perustusten rakennesuunnittelu. Joissakin perustuksissa (esim. taipuisat laattaperustukset) maaperän ja rakenteen vuorovaikutuksella saattaa olla merkitystä ja yhteisvaikutus tulee ottaa huomioon. Geotekninen suunnittelu on esitetty eurokoodissa EN 1997¹. Eurokoodissa EN 1997 on kaksi osaa: ”Yleiset säännöt” ja ”Pohjatutkimus ja koestus”.

Tässä oppaassa on esitetty eurokoodin EN 1997-1 perustusten suunnittelua koskevat olennaiset piirteet. Tässä julkaisussa käsitellään vain yksinkertaisten perustusten mitoittamista, mikä on vain pieni osa eurokoodin EN 1997 soveltamisalasta. Tämän takia opasta ei voi pitää koko eurokoodia EN 1997 koskevana yleisohjeena.

Rajatilat

Geoteknisessä suunnittelussa tarkastetaan seuraavien murtorajatilojen vaatimukset. (Eurokoodien termejä on esitetty oppaassa ”Betonirakenteiden suunnittelu eurokoodien mukaan. 1. Eurokoodimitoituksen perusteet”²).

EQU rakenteen tasapainon menetys.

STR kantavan rakenteen tai rakenneosan murtuminen tai huomattava muodonmuutos, joka johtaa kantokyvyn menetykseen.

GEO maaperän murtuminen tai liiallinen muodonmuutos (kestävyys perustuu maapohjan lujuteen).

UPL tasapainon menetys vedenpaineen aiheuttaman nosteen takia.

HYD hydraulisten gradienttien aiheuttama maapohjan nousu, sisäinen eroosio ja sisäinen putkieroosio

Eurokoodissa EN 1997-1 on määritetty eri rajatiloissa käytettävät kuormayhdistelmät.

Murtorajatilojen lisäksi suunnittelussa tulee tarkastaa myös käyttörajatilojen vaatimukset. Yleensä yksi rajatila on mitoituksen kannalta määräävä, joten kaikkia rajatiloja ei ole tarpeellista tarkistaa. Hyvän suunnittelutavan mukaan on kuitenkin syytä kirjata, että kaikki rajatilat on otettu huomioon.

Geotekniset luokat

Eurokoodissa EN 1997-1 käytetään kolmea 'geoteknistä luokkaa' rakenteen geoteknisten suunnitteluvaatimusten määrittämiseen (ks. taulukko 1).

Luokassa 1 geoteknisen suunnittelun voi tehdä myös rakennesuunnittelija. Luokassa 3 tulee käyttää geoteknistä suunnittelijaa. Luokassa 2 rakennesuunnittelija suunnittelee perustukset geoteknisen suunnittelijan antamien lähtötietojen perusteella.

Mitoitusmenetelmät ja yhdistelmät

Geotekniset suunnittelijat eivät ole päässeet yksimielisyyteen rajatila-mitoituksen soveltamisesta geotekniseen suunnitteluun. Mielipide-erojen takia eurokoodissa EN 1997-1 on esitetty kolme murtorajatilan mitoitusmenettelyä. Käytettävä menettely esitetään kunkin maan kansallisessa liitteessä. Tässä oppaassa esitetään Suomessa sovellettava mitoitusmenettely DA2. Tässä menettelyssä on kaksi tapaa soveltaa varmuuskertoimia murtorajatilassa (STR/GEO). Menetelmässä DA2 kuormat kerrotaan heti osavarmuusluvulla ja menettelyssä DA2* osavarmuuslukuja käytetään kuormille vasta epäkeskisyyksien määrittämisen jälkeen. Kuormien osavarmuusluvut on esitetty taulukossa 2. Geoteknisten materiaaliominaisuuksien osavarmuusluvut on esitetty taulukossa 3.

Rajatilassa EQU käytettävät kuormien osavarmuusluvut on esitetty taulukossa 5. Geoteknisten materiaaliominaisuuksien osavarmuusluvut taulukossa 6.

Geotekninen suunnitteluraportti

Eurokoodin EN 1997-1 mukainen geotekninen suunnitteluraportti tulee tehdä jokaisessa projektissa. Raportissa esitetään rakennuspaikan yksityiskohtaiset tiedot, maaperätutkimusraportin tulkinta, suositukset perustusten suunnittelua varten, ohjeita geoteknisten töiden valvonnasta ja seurannasta sekä kunnossapidosta. Raportin laatiminen voi edellyttää tietoja useammalta suunnittelijalta sen mukaan, kuuluuko projekti geotekniseen luokkaan 1, 2 vai 3.

Perustuksen mitoitus-suosituksissa esitetään kantokestävyys ja maaparametrien ominaisarvot. Suosituksissa ilmoitetaan, voidaanko arvoja soveltaa käyttö- vai murtorajatilassa ja käytetäänkö mitoitusmenettelyä DA2 vai DA2*.

Anturaperustukset

Anturaperustusten (esim. seinä- ja pilarianturat) geoteknistä suunnittelua käsitellään eurokoodin EN 1997 osan 1 kohdassa 6, jossa on kolme mitoitusmenetelmää:

- suora menetelmä – jokainen rajatila tarkastetaan laskemalla
- epäsuora menetelmä – käytetään vertailukelpoista kokemusta ja testausta määritettäessä käyttörajatilan parametreja, jotka täyttävät myös kaikkien kysymykseen tulevien rajatilojen vaatimukset (menetelmä on eurokoodissa EN 1997 pääasiassa ranskalaisen suunnittelukäytännön takia, joten menetelmää ei käsitellä enempää tässä)
- ohjeellisiin sääntöihin perustuva menetelmä, jossa käytetään otaksuttua kantokestävyyttä

Useimmissa anturaperustuksissa painuma on määräävä kriteeri. Perinteisesti painumaa on hallittu rajoittamalla geoteknistä kantavuutta. Ohjeellisiin sääntöihin perustavassa menetelmässä voidaan yhä painumaa rajoittaa suurentamalla kantokestävyuden varmuuslukuja. Poikkeuksena ovat pehmeät savet, joilla eurokoodi EN 1997-1 edellyttää painumalaskelmia.

Suorassa menetelmässä jokainen rajatila tarkastetaan laskennallisesti. Murtorajatilassa maaperän kantokestävyys tarkistetaan käyttäen sekä maaparametrien että kuormien osavarmuuslukuja. Käyttörajatilassa lasketaan perustusten painuma ja tarkistetaan, ettei sallittu raja ylity.

Ohjeellisiin sääntöihin perustuvaa menetelmää voidaan käyttää, jos laskenta maaparametrien perusteella ei ole mahdollista tai tarpeellista ja suunnittelussa käytetään varmalla puolella olevia mitoitus-sääntöjä. Kussakin maassa nykyisin käytössä olevia ohjeellisiin sääntöihin perustuvia menetelmiä voidaan edelleen käyttää luokassa 1 ja alustaviin laskelmiin luokan 2 rakenteille. Vaihtoehtoisesti geotekninen suunnittelija laskee sallitun painuman perusteella kantokestävyuden ja kirjaa sen geotekniseen suunnitteluraporttiin.

Taulukko 1 Rakenteiden geotekniset luokat

Luokka	Kuvaus	Geoteknisen murtuman riski	Esimerkkejä eurokoodista EN 1997
1	Pienet ja melko yksinkertaiset rakenteet	Merkityksetön	Ei ole
2	Tavanomaiset rakenne- ja perustustyytit, ei vaikeita maaperäolosuhteita tai kuormitustapauksia	Ei poikkeuksellista riskiä	Anturaperustukset
3	Muut rakenteet	Poikkeavat riskit	Suuret tai epätavalliset rakenteet Poikkeukselliset maaperäolosuhteet

Taulukko 2 Murtorajatilojen STR/GEO kuormien mitoitusarvot – normaalisti vallitseva mitoitusilanne ja tilapäinen mitoitusilanne

Yhdistelmän kaava ks. eurokoodi SFS-EN 1990	Pysyvät kuormat		Määräävä muuttuva kuorma	Muut samanaikaiset muuttuvat kuormat	
	Epäedulliset	Edulliset		Pääasiallinen (jos on)	Muut
Mitoitusmenettely 2					
Kaava (6.10a)	$1,35 K_{FI} G_k^a$	$0,9 G_k^a$	–	–	–
Kaava (6.10b)	$1,15 K_{FI} G_k^a$	$0,9 G_k^a$	$1,5 K_{FI} Q_k$	–	$1,5 K_{FI} \psi_{0,i}^b Q_{k,i}$
Merkinnät					
^a Kun pysyvän kuorman vaihtelua ei pidetä merkittävänä, $G_{k,j,sup}$ ja $G_{k,j,inf}$ voidaan merkitä G_k .					
^b $\psi_{0,i}$:n arvo otetaan eurokoodin SFS-EN 1990 Suomen kansallisen liitteen taulukosta A.1.1 (FI)					

Taulukko 3 Antura- ja laattaperustusten kestävyysluvut (eurokoodin EN 1997-1 kansallinen liite, taulukko A.5 (FI))

Kestävyys	Merkintä	Sarja R2
Kantokestävyys	$\gamma_{R,v}$	1,55
Liukuminen	$\gamma_{R,h}$	1,1

Taulukko 4 Maaparametrien osavarmuusluvut (STR/GEO)

	Leikkauskestävyysskulma (tällä varmuusluvulla jaetaan $\tan \varphi$)	Tehokas koheesio	Suljettu leikkauslujuus	Yksiakselialinen puristuslujuus	Tilavuuspaino
Tunnus	γ_φ	γ_c	γ_{cu}	γ_{qu}	γ_γ
Mitoitusmenettely 2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Taulukko 5 Murtorajatilan EQU kuormien mitoitusarvot – normaalisti vallitseva mitoitusilanne ja tilapäinen mitoitusilanne

Yhdistelmän kaava	Pysyvät kuormat		Määräävä muuttuva kuorma	Muut samanaikaiset muuttuvat kuormat	
	Epäedulliset	Edulliset		Pääasiallinen (jos on)	Muut
Kaava (6.10)	$1,1 K_{FI} G_k^a$	$0,9 G_k^a$	$1,5 K_{FI} Q_k$	–	$1,5 K_{FI} \psi_{0,i}^b Q_{k,i}$
Merkinnät					
^a Kun pysyvän kuorman vaihtelua ei pidetä merkittävänä, $G_{k,j,sup}$ ja $G_{k,j,inf}$ voidaan merkitä G_k .					
^b $\psi_{0,i}$:n arvo otetaan eurokoodin SFS-EN 1990 Suomen kansallisen liitteen taulukosta A.1.1 (FI)					

Taulukko 6 Maaparametrien osavarmuusluvut (EQU) (eurokoodin EN 1997-1 kansallinen liite, taulukko A.2 (FI))

Maaparametri	Merkintä	Arvo
Leikkauskestävyyskulmaa ("Kitkakulma")	$\gamma_{\phi'}$	1,25
Tehokas koheesio	γ_c'	1,25
Suljettu leikkauslujuus	γ_{cu}	1,5
Yksiaksiaalinen puristuslujuus	γ_{qu}	1,5
Tilavuuspaino	γ_{γ}	1,0

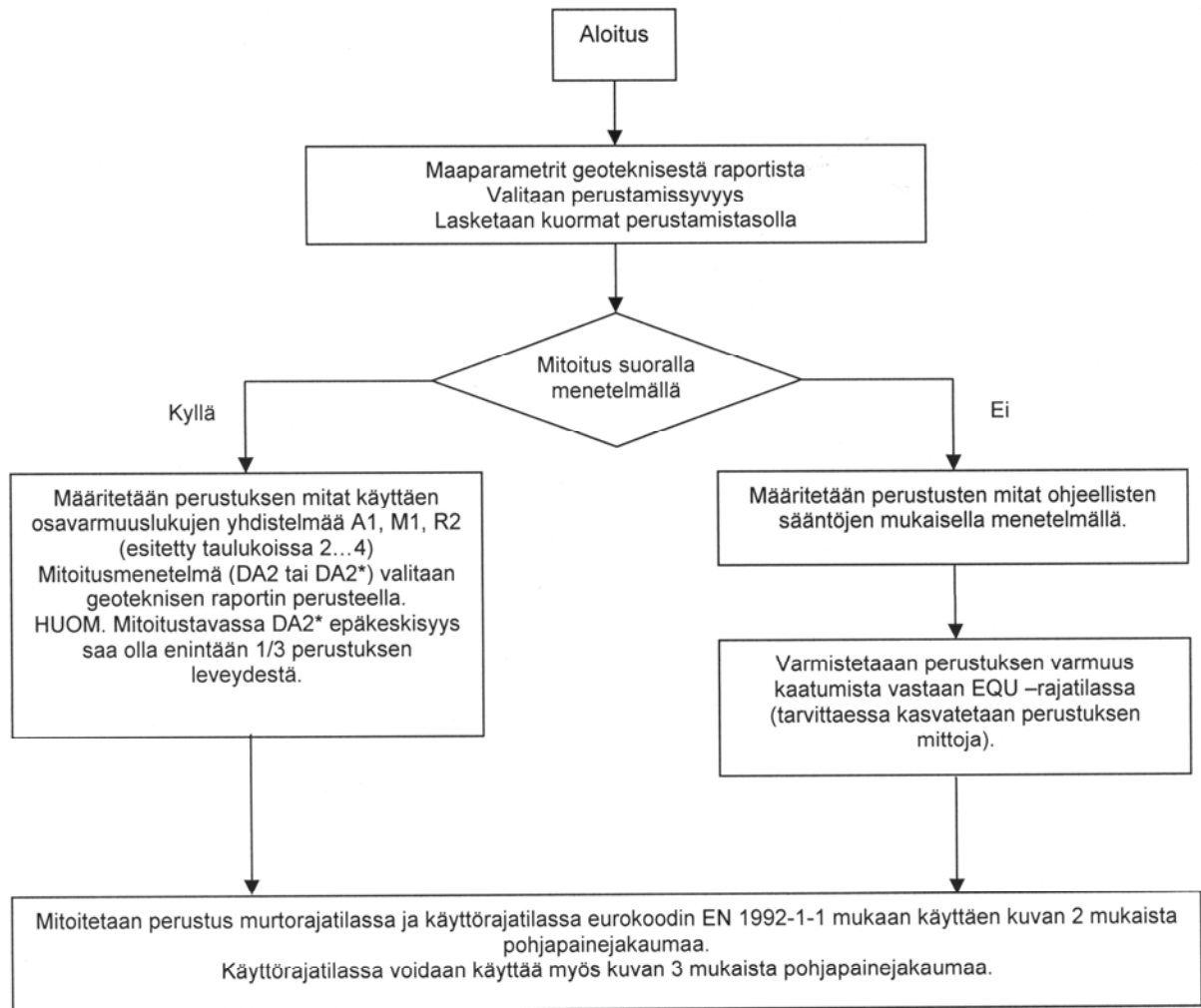
^a Tällä varmuusluvulla jaetaan $\tan \phi'$

Taulukko 7 Syrjäyttävien paalujen, kaivettujen paalujen ja CFA-paalujen kestävyysosavarmuusluvut (STR/GEO) (eurokoodin EN 1997-1 kansallinen liite, taulukko A.6 (FI), A.7(FI) ja A.8(FI))

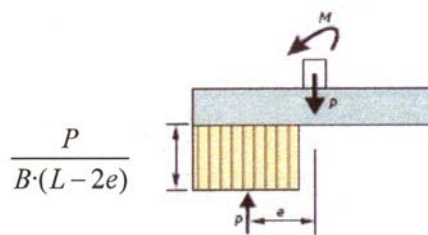
Maaparametri	Merkintä	Sarja R2
Kärki	γ_b	1,2
Vaippa (puristus)	γ_s	1,2
Kokonais-/yhdistetty (puristus)	γ_t	1,2
Vedetty vaippa		
- lyhytaikainen kuormitus	$\gamma_{s,t}$	1,35
- pitkäaikainen kuormitus	$\gamma_{s,t}$	1,5

Antura- ja laattaperustusten suunnitteluprosessi on esitetty vuokaaviona kuvassa 1.

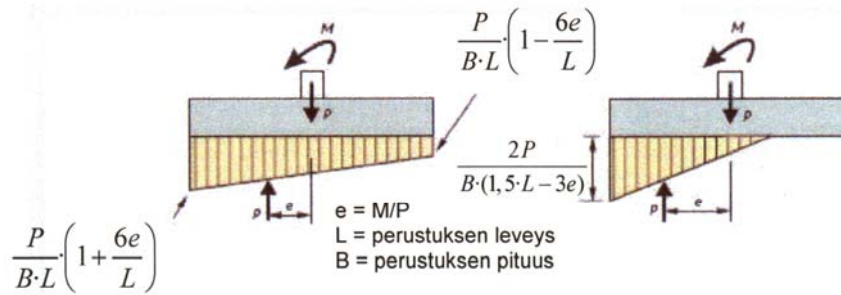
Kun perustuksiin kohdistuu vaakakuormien aiheuttama momentti, voidaan joutua myös tarkistamaan EQU-rajatila. EQU-rajatilan tarkistaminen geoteknisessä mitoituksessa rajoittuu kuitenkin harvoin tapauksiin kuten jäykkä perustus kallion päällä.



Kuva 1 Anturaperustusten mitoitusmenettely



Kuva 2 Pilarianturan pohjapainejakauma STR ja GEO tarkasteluissa



Kuva 3 Pilarianturan pohjapainejakauma käyttörajatilassa

Maaparametrien osavarmuusluvut kestävyyksien määrittämistä varten on esitetty taulukossa 4. Antura- ja laattaperustusten kestävyysluvut on esitetty taulukossa 3.

Anturan pohjapainejakauma tulee tarkastaa siten, että suurin pohjapaine ei ylitä geoteknisestä suunnittelu-raportista saatavia kantavuuksia EQU- ja GEO-murto-rajatiloissa (ks. kuva 2). Jos epäkeskisyys käyttö-rajatilassa on suurempi kuin $L/6$, painuman määrittämisessä käytetään painejakaumaa, jossa maaperän ja anturan välissä ei ole vetojännityksiä. Tällaisessa tapauksessa suunnittelijan on oltava varma, että suuresta epäkeskisydestä ei ole haitallisia seurauksia (esim. antura kiertyy liikaa). Murto-rajatilassa käytettävä painejakauma on suorakaiteenmuotoinen.

Raudoitettut maanvaraiset anturat

Kun maanvaraisessa anturassa tarvitaan raudoitusta, tulee varmistaa, että anturalla on riittävä:

- Taivutuskestävyys
- Lävistyskestävyys (pilarianturat)
- Leikkauskestävyys (seinäanturat)

Momentit ja leikkausvoimat arvioidaan STR-rajatilassa käyttäen eurokoodin SFS-EN 1990 ja sen kansallisen liitteen kaavoja (6.10a) tai (6.10b).

Taivutusmomentin kannalta kriittinen poikkileikkaus on pilarin ulkopinnassa.

Jos lävistys- tai leikkauskestävyys on liian pieni, kasvatetaan yleensä anturan korkeutta.

Lävistyskestävyys

Eurokoodin EN 1992-1-1 Suomen kansallisen liitteen mukaan lävistysmitoitus tehdään Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan B4 "Betonirakenteet, ohjeet" kohdan 2.2.2.7 mukaan. Mitoituskuormat, materiaali-lujuudet ja osavarmuusluvut määritetään kuitenkin eurokoodien mukaan.

HUOM. Vaikka lujuudet määritetään eurokoodin mukaan, tulee mahdollisen lävistysraudoituksen mitoitus-lujuus rajata arvoon 300 MPa rakentamismääräyskokoelman mukaan.

Leikkauskestävyys

Anturoiden paksuus valitaan yleensä siten, että leikkausraudoitusta ei tarvita. Mitoittavan leikkausvoiman

aiheuttama leikkausjännitys $v_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{bd}$ ei saa ylittää leikkauskestävyyttä $v_{Rd,c}$. Leikkausraudoittamattoman

anturan leikkauskestävyys $v_{Rd,c}$ saadaan taulukosta 8.

Taulukko 8 $v_{Rd,c}$ leikkausraudoittamattomien rakenneosien kestävyys, MPa

ρ_l (%)	Tehollinen korkeus, d (mm)							
	300	400	500	600	700	800	900	1000
0,25	0,47	0,43	0,40	0,38	0,36	0,35	0,35	0,34
0,50	0,54	0,51	0,48	0,47	0,45	0,44	0,44	0,43
0,75	0,62	0,58	0,55	0,53	0,52	0,51	0,50	0,49
1,00	0,68	0,64	0,61	0,59	0,57	0,56	0,55	0,54
1,25	0,73	0,69	0,66	0,63	0,62	0,60	0,59	0,58
1,50	0,78	0,73	0,70	0,67	0,65	0,64	0,63	0,62
1,75	0,82	0,77	0,73	0,71	0,69	0,67	0,66	0,65
$\geq 2,00$	0,85	0,80	0,77	0,74	0,72	0,70	0,69	0,68
k	1,816	1,707	1,632	1,577	1,535	1,500	1,471	1,447
Huomautukset								
1 Taulukkoarvot on laskettu kaavasta: $v_{Rd,c} = (0,18/\gamma_c) k (100\rho_l f_{ck})^{1/3} \geq 0,035 k^{1,5} f_{ck}^{0,5}$ jossa $k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2$ ja $\rho_l = A_s/(bd) \leq 0,02$ ja $\gamma_c = 1,5$								
2 Tässä taulukossa $f_{ck} = 30$ MPa Kun ρ_l on suurempi kuin 0,40 %, käytetään seuraavia kertoimia:								
f_{ck} (MPa)	25	28	32	35	40	45	50	
Kerroin	0,94	0,98	1,02	1,05	1,10	1,14	1,19	

Laattaperustukset

Laattaperustusten mitoitusprosessit ovat perusteiltaan samanlaisia kuin erillisten pilarianturoiden tai paaluanturoiden. Ainoa ero on valittaessa menetelmää, jolla tarkastellaan laattaperustuksen ja maaperän vuorovaikutuksia. Jäykille, säännöllisen muotoisille laattaperustuksille (jännemitta/paksuus alle 10) käytetään yksinkertaistettua menettelyä kuten myötöviivateoriaa.

Ohuemmat ja joustavammat muodoltaan monimutkaiset yhtenäiset laattaperustukset saattavat edellyttää FEM- tai kaistamenetelmän käyttöä.

Paaluperustukset

Paaluperustusten suunnitteluun kuuluu paalutuksen suunnittelu ja paaluanturan suunnittelu. Geoteknisessä raportissa tulee olla ohjeet paalutyyppin valitsemiseksi ja perusteet paalun kantavuuden määrittämiselle. Rakennusten perustuksissa käytetään yleisimmin tukipaaluna toimivia lyöntipaaluja (teräsbetonia tai teräs-paaluja). Paalujen kestävyuden osavarmuusluvut on esitetty taulukossa 7.

Paaluanturat voidaan suunnitella esimerkiksi ristikkomenetelmällä, joka on esitetty eurokoodin EN 1992-1-1 kohdissa 5.6.4 ja 6.5. Kulman θ tulee olla vähintään $21,8^\circ$ vaakasuuntaan nähden. Kulma θ mitataan pilarin ja paalun määräämässä tasossa. Pääraudoitus tulee ankkuroida täydelle vetovoimalle. Ankkurointipituus alkaa paalun reunasta.

Jos paaluantura mitoitetaan taivutukseen perustuvilla menetelmillä, antura tulee tarkastaa myös leikkauksen ja lävistyksen suhteen.

Vähimmäisraudoitus

Halkeilun rajoittaminen

Asiaa on käsitelty oppaassa ”Betonirakenteiden suunnittelu eurokoodien mukaan. Betonirakenteiden suunnitteluperusteet”⁵.

Pääraudoituksen vähimmäisala

Pääraudoitusta tulee molemmissa suunnissa olla vähintään $A_{s,min} = 0,26 f_{ctm} b_t d/f_{yk}$, kuitenkin vähintään $0,0013 b_t d$ (ks. taulukko 9).

Taulukko 9 Vähimmäisraudoitusmäärä

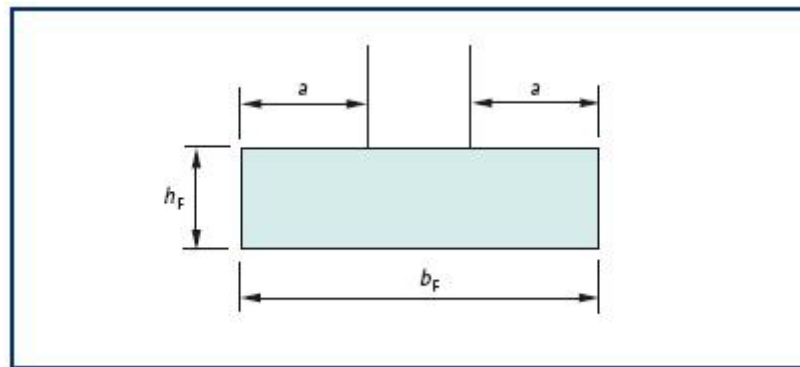
f_{ck}	f_{ctm}	Vähimmäisraudoitus % ($0,26f_{ctm}/f_{yk}^a$)
25	2,6	0,13
28	2,8	0,14
30	2,9	0,15
32	3,0	0,16
35	3,2	0,17
40	3,5	0,18
45	3,8	0,20
50	4,1	0,21

Merkinnät
a jossa $f_{yk} = 500$ MPa.

Raudoituksen vähimmäisjakoväli

Raudoitustankojen vapaan välin tulee olla suurempi kuin

- raudoitustangon halkaisija
- raekoko + 3 mm
- 20 mm



Kuva 4 Raudoittamattomien perustusten mitat

Raudoittamattomat betoniperustukset

Seinä- ja pilarianturat voidaan tehdä raudoittamattomasta betonista, jos seuraavia sääntöjä noudatetaan.

- Puristuslujuus raudoittamattomalle betonille on $\alpha_{cc,pl} \cdot f_{ck} / \gamma_M$ missä
 $\alpha_{cc,pl} = 0,8 \cdot \alpha_{cc}$
 $\alpha_{cc} = 0,85$ (Suomen kansallisen liitteen mukaan).
- Perustusten minimikorkeus h_f (ks. kuva 4) lasketaan kaavasta

$$h_f \geq \frac{a}{0,85} \sqrt{\frac{3\sigma_{gd}}{f_{ctd,pl}}}$$

missä

σ_{gd} = maaperän tukipaineen mitoitusarvo

$f_{ctd,pl}$ = betonin vetolujuuden mitoitusarvo eurokoodin EN 1992-1-1 yhtälöstä (3.16)

Mahdolliset halkaisuvoimat otetaan huomioon eurokoodin EN 1992-1-1 kohdan 9.8.4 mukaisesti.

Eurokoodin EN 1992-1-1 mukaisesti raudoittamattomissa betoniperustuksissa voi olla raudoitusta halkeilun rajoittamiseksi.

Valitut tunnukset

Tunnus	Määritelmä	Arvo
A_c	Betonin poikkileikkausala	bh
A_s	Vetoraudoituksen poikkileikkausala	
$A_{s,prov}$	Poikkileikkauksessa olevien vetoterästen poikkileikkausala	
$A_{s,req'd}$	Poikkileikkauksessa murtorajatilassa vaadittava vetoterästen poikkileikkausala	
d	Tehollinen korkeus	
d_{eff}	Keskimääräinen tehollinen korkeus	$(d_y + d_z)/2$
f_{cd}	Betonin puristuslujuuden mitoitusarvo	$\alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$
f_{ck}	Betonin lieriölujuuden ominaisarvo	
f_{ctm}	Betonin keskimääräinen vetolujuus	$0,30 f_{ck}^{2/3}$ lujusluokille $f_{ck} \leq C50/60$ (Eurokoodi SFS-EN 1992-1-1, taulukko 3.1)
G_k	Pysyvän kuorman ominaisarvo	
h	Poikkileikkauksen kokonaiskorkeus	
l_{eff}	Rakenneosan tehollinen jännemitta	Ks. eurokoodin EN 1992-1-1 kohta 5.3.2.2 (1)
M	Mitoitusmomentti murtorajatilassa	
Q_k	Muuttuvan kuorman ominaisarvo	
$Q_{k,w}$	Muuttuvan tuulikuorman ominaisarvo	
V_{Ed}	Leikkausvoiman mitoitusarvo	
V_{Ed}	Leikkausjännityksen mitoitusarvo	
$V_{Rd,c}$	Leikkausraudoittamattoman rakenneosan leikkauskestävyyden mitoitusarvo	
$V_{Rd,c}$	Laatan lävistyskestävyyden mitoitusarvo, kun pitkin tarkasteltavaa tarkistuspoikkileikkausta ei ole lävistymisraudoitusta	
$V_{Rd,max}$	Laatan suurimman lävistyskestävyyden mitoitusarvo, kun pitkin tarkasteltavaa tarkistuspoikkileikkausta on lävistymisraudoitus	
x	Neutraaliakselin etäisyys poikkileikkauksen reunasta	$(d - z)/0,4$
x_{max}	Korkeuden raja-arvo neutraaliakseliin nähden	$(\delta - 0,4)d$, jossa $\delta \leq 1,0$
z	Momenttivarsi	
α_{cc}	Kerroin, jonka avulla otetaan huomioon puristuslujuuteen vaikuttavat pitkäaikaistekijät ja kuorman vaikuttamistavasta aiheutuvat epäedulliset tekijät	0,85 taivutus- ja normaalikuormille, 1,0 muille kuormille
β	Lävistysjännityksen määrittämisessä käytettävä kerroin	
δ	Uudelleen jakautunut momentti jaettuna kimmoteorian mukaisella taivutusmomentilla	
γ_m	Materiaaliominaisuuksien osavarmuusluku	1,15 raudoitukselle (γ_s) 1,5 betonille (γ_c)
ρ_0	Raudoitussuhteen vertailuarvo	$\sqrt{f_{ck}} / 1000$
ρ_1	Mitoituskuormista jänteen puoliväliin (ulokkeiden tapauksessa tuelle) aiheutuvan momentin edellyttämä vetoraudoitussuhde	A_s / bd
ψ_0	Muuttuvan kuorman yhdistelyarvon kerroin	
ψ_1	Muuttuvan kuorman tavallisen arvon yhdistelykerroin	
ψ_2	Muuttuvan kuorman pitkäaikaisarvon yhdistelykerroin	

Viitteet

- 1 SFS-EN 1997 Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu. (2 osaa).
- 2 RTT/betoni, Betonirakenteiden suunnittelu eurokoodien mukaan, Eurokoodimitoituksen perusteet.
- 3 SFS-EN 1992-1-1 Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt
- 4 RTT/betoni, Betonirakenteiden suunnittelu eurokoodien mukaan, Palkit.
- 5 RTT/betoni, Betonirakenteiden suunnittelu eurokoodien mukaan, Betonirakenteiden suunnitteluperusteet.

Alkuperäisen oppaan ovat julkaisseet BCA ja The Concrete Centre in the UK. Julkaisun ovat kirjoittaneet R Webster CEng, FIStructE ja O Brooker BEng, CEng, MICE, MIStructE. 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 26.5.2011.

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
22.1.2010	$h_f \geq \frac{a}{0,85} \sqrt{\frac{9\sigma_{gd}}{f_{ctd}}} \rightarrow h_f \geq \frac{a}{0,85} \sqrt{\frac{3\sigma_{gd}}{f_{ctd,pl}}}$ <p> f_{ctd} = betonin vetolujuuden mitoitusarvo eurokoodin EN 1992-1-1 yhtälöstä (3.16) → $f_{ctd,pl}$ = betonin vetolujuuden mitoitusarvo eurokoodin EN 1992-1-1 yhtälöstä (3.16) </p>