

Tuotelehti suunnittelijan apuna

Betoniteollisuuden paaluseminaari

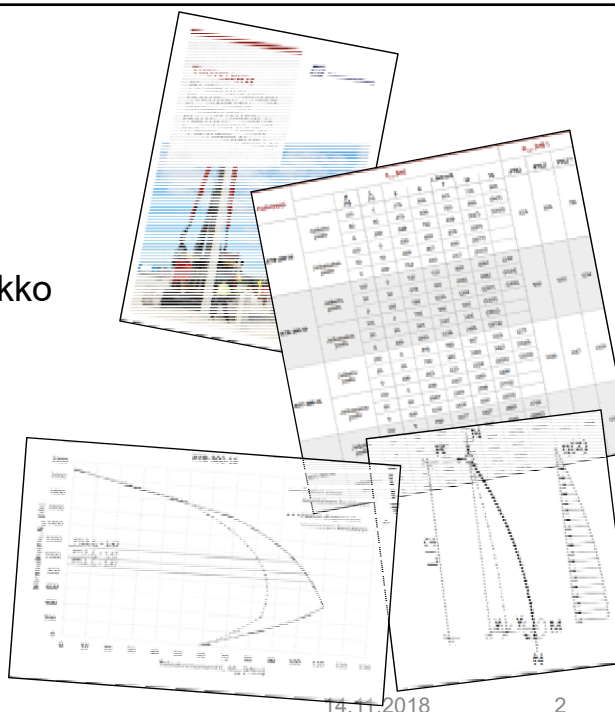
15.11.2018

Jukka Haavisto, TTY

Esityksen sisältö

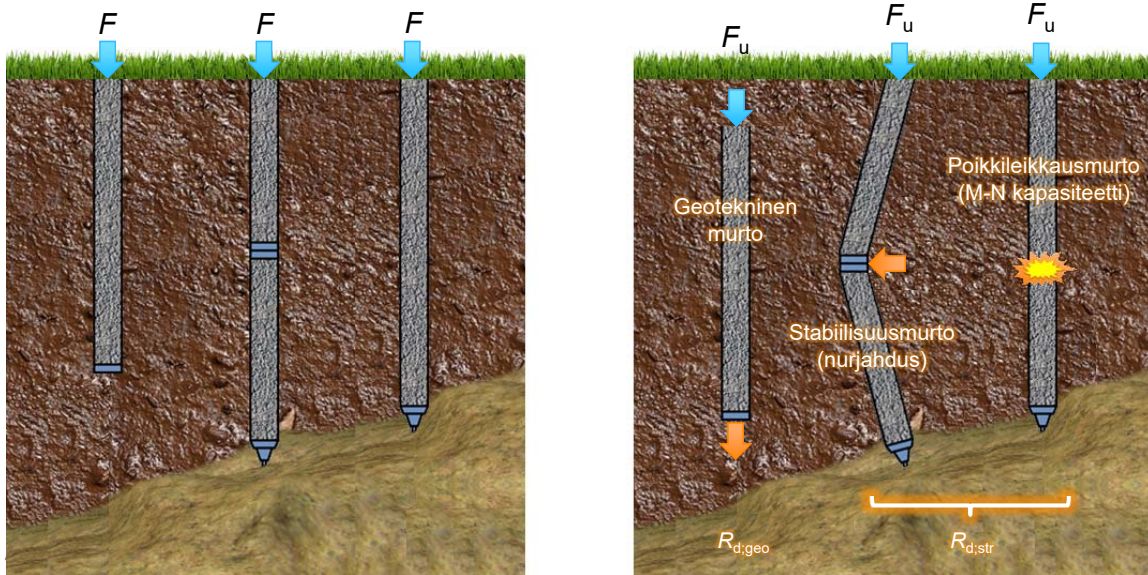
Paalutuotelehden luvut 2.3.2-2.3.3:

- Paalujen puristuskapasiteettitaulukko ja -käyrästöt
- Kapasiteettiarvojen tausta
Tutkimustulosten hyödyntäminen käytäntöön
- $R_{c,max}$ -taulukko ja yhteisvaikutusdiagrammit



Paalun kantavuus

- Paalulla tulee olla riittävä kapasiteetti kaikkia erilaisia murto-tilanteita vastaan



3

Paalujen kapasiteettitaulukko ja -käyrät

Paalujen kapasiteetti-taulukko

- Paalut pyritään suunnittelemaan siten, että niihin kohdistuu pelkästään aksiaalista kuormaa
- Kapasiteettitaulukko vanhassa tutussa esitysmuodossa
- Geotekniset kestävyysarvot paalutustyöluokissa PTL1, PTL2 ja PTL3
 - Tuotelehdien loppulyöntiehdot
- Rakenteelliset kestävyysarvot erilaisilla
 - Kuormituksen pitkäaikaisuuksilla
 - Paalua sivusuunnassa tukevan maan suljetuilla leikkauslujuuksilla
 - Jatkettu / jatkamaton paalu
- Väliarvot interpoloidaan



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Paalutyyppi	$R_{s,ini}$ [kN]								$R_{s,90}$ [kN] *		
	P [%]	L [%]	3	5	c_s [kN/m ²]			PTL1	PTL2	PTL3 ^{*)}	
					7	10	12				
RTB-250-16	Jatkettu paalu	100	0	375	508	613	739	805	624	698	791
		50	50	473	636	760	899	(947)			
		0	100	548	721	838	(947)	(1000)			
	Jatkamaton paalu	100	0	532	692	808	(927)				
		50	50	669	867	990	(1077)				
		0	100	764	933	1017	(1103)				
RTB-300-16	Jatkettu paalu	100	0	541	733	885	1063	1149	895	1001	1134
		50	50	678	916	1093	1282	(1344)			
		0	100	789	1036	1204	(1357)	(1431)			
	Jatkamaton paalu	100	0	765	995	1161	(1325)				
		50	50	967	1247	1415	(1532)				
		0	100	1099	1338	1455	(1574)				
RTC-300-16	Jatkettu paalu	100	0	578	788	957	1163	1277	1026	1147	1300
		50	50	733	987	1184	1427	(1549)			
		0	100	843	1121	1324	(1526)	(1622)			
	Jatkamaton paalu	100	0	826	1087	1283	1498				
		50	50	1049	1369	1595	(1778)				
		0	100	1195	1496	1661	(1821)				
RTC-350-16	Jatkettu paalu	100	0	790	1077	1307	1589	1746	1394	1558	1765
		50	50	1001	1346	1616	1946	(2092)			
		0	100	1149	1529	1805	(2078)	(2209)			
	Jatkamaton paalu	100	0	1128	1484	1750	2043				
		50	50	1431	1868	2174	(2411)				
		0	100	1629	2039	2260	(2478)				

Muutokset aiempaan Tuotelehteen nähden

- Paalutyyppien lukumäärä nykyisin 4 kpl
- Kapasiteettiarvoja aiempaa useammalle paalua ympäröivän maan suljetulle leikkauslujuudelle
- Kapasiteettiarvot korkeampia
 - Paalukapasiteetin laskentamenettelyt kehittyneet (TTY:n tutkimusprojekti)
 - Paalutuotteiden tuotekehitys



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Paalutyyppi	$R_{s,ini}$ [kN]								$R_{s,90}$ [kN] *		
	P [%]	L [%]	3	5	c_s [kN/m ²]			PTL1	PTL2	PTL3 ^{*)}	
					7	10	12				
RTB-250-16	Jatkettu paalu	100	0	375	508	613	739	805	624	698	791
		50	50	473	636	760	899	(947)			
		0	100	548	721	838	(947)	(1000)			
	Jatkamaton paalu	100	0	532	692	808	(927)				
		50	50	669	867	990	(1077)				
		0	100	764	933	1017	(1103)				
RTB-300-16	Jatkettu paalu	100	0	541	733	885	1063	1149	895	1001	1134
		50	50	678	916	1093	1282	(1344)			
		0	100	789	1036	1204	(1357)	(1431)			
	Jatkamaton paalu	100	0	765	995	1161	(1325)				
		50	50	967	1247	1415	(1532)				
		0	100	1099	1338	1455	(1574)				
RTC-300-16	Jatkettu paalu	100	0	578	788	957	1163	1277	1026	1147	1300
		50	50	733	987	1184	1427	(1549)			
		0	100	843	1121	1324	(1526)	(1622)			
	Jatkamaton paalu	100	0	826	1087	1283	1498				
		50	50	1049	1369	1595	(1778)				
		0	100	1195	1496	1661	(1821)				
RTC-350-16	Jatkettu paalu	100	0	790	1077	1307	1589	1746	1394	1558	1765
		50	50	1001	1346	1616	1946	(2092)			
		0	100	1149	1529	1805	(2078)	(2209)			
	Jatkamaton paalu	100	0	1128	1484	1750	2043				
		50	50	1431	1868	2174	(2411)				
		0	100	1629	2039	2260	(2478)				

Kuorman pitkäaikaisuus

Paalutyyppi	$R_{k,0}$ [kN]								$R_{k,0,0}$ [kN]*		
	P [%]	L [%]	3	5	c_v [kN/m ²]	7	10	12	PTL1	PTL2	PTL3**)
RTB-300-16	Jatkettu paalu	100	0	541	733	885	1063	1149	895	1001	1134
		50	50	678	916	1093	1282	(1344)			
		0	100	789	1036	1204	(1357)	(1431)			
	Jatkamaton paalu	100	0	765	995	1161	(1325)				
		50	50	967	1247	1415	(1532)				
		0	100	1099	1338	1455	(1574)				

- Betoni ja paalua ympäröivä maa ovat viruvia materiaaleja
=> Kuorman pitkäaikaisuudella on merkittävä vaikutus paalun kapasiteettiin
- Rakenteelliset kapasiteettiarvot määritetty EN1990 mukaisilla kuorman pitkäaikaisuuksilla
- Yksinkertainen esimerkki asian havainnollistamiseksi
 - Otaksetaan, että paaluun kohdistuu yläpuolisten rakenteiden omapainoista 200 kN ja hyötykuormasta 400 kN
 - Ominaiskuorma 200 + 400 = 600 kN (pysyvää ominaiskuormaa 33 % kok.om.kuorm.)
 - Mitoituskuorma 1,15*200 + 1,5*400 = 830 kN (pysyvää mitoituskuormaa 28 % kok.mit.kuorm.)
 - Kuorman pitkäaik.yhdistelmä 200 + 0,3*400 = 320 kN (pitkäaikaista kuormaa 53 % kok.ominaiskuormasta)

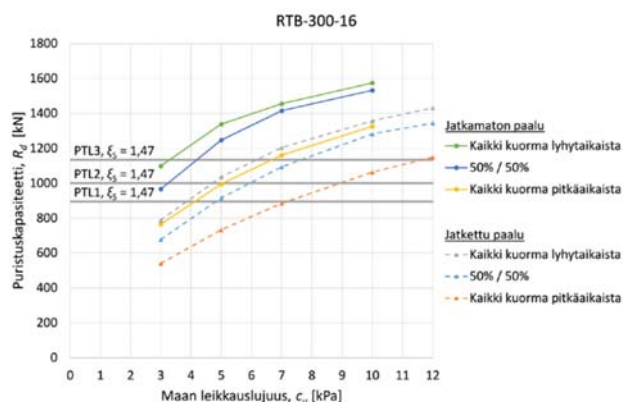
Tämän suhteen perusteella määritetään paalun kapasiteettitaulukosta

- Ellei tietoa paaluun kohdistuvan kuorman pitkäaikaisuudesta ole käytettävissä, on syytä valita paalun kapasiteetti tapaukselle, kun P = 100 %



Kapasiteettikäyrät

- Tuotelehdessä uutena asiana on esitetty puristuskapasiteettikäyrät
- Havainnollistaa taulukkoa paremmin määrävän mitoitus tapauksen geoteknisen ja rakenteellisen kapasiteetin väliltä
- Kaikki sama informaatio löytyy myös kapasiteettitaulukoista



Tuotelehden kapasiteettiarvojen tausta

Tutkimustulosten hyödyntäminen käytäntöön



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

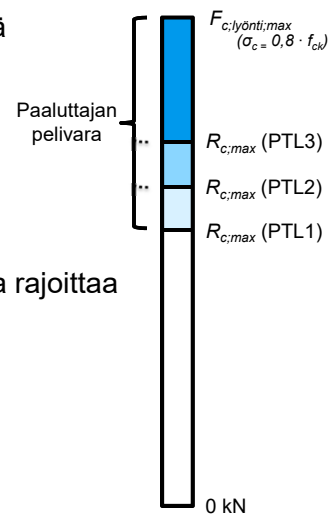
14.11.2018

9

Geotekninen kantokyky ($R_{d;geo}$)

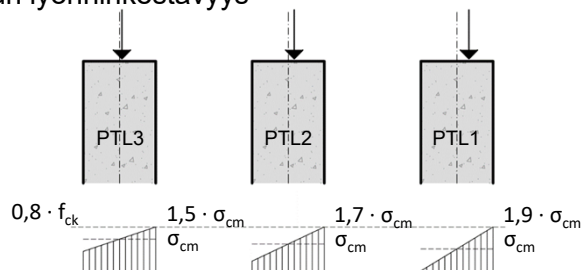
- Teräsbetonipaalun geotekninen kantokyky varmistetaan yleensä lyöntilaitteen avulla

- Tuotelehden $R_{d;geo}$ -arvot: Tuotelehdessä esitetyt loppulyöntiehdot
 - * Esimerkkinä 5 t järkäleen 50 cm pudotuskorkeudella paalu saa painua 10 lyönnillä max 20 mm
- Tuotelehden taulukkoarvoja tehokkaammin geotekninen kantokyky voidaan määrittää PDA-mittauksen avulla



$R_{d;geo}$ [kN] *		
PTL1	PTL2	PTL3 ^(*)
624	698	791

- Osoitettavissa olevaa geoteknistä kapasiteettia rajoittaa paalun lyönninkestävyys

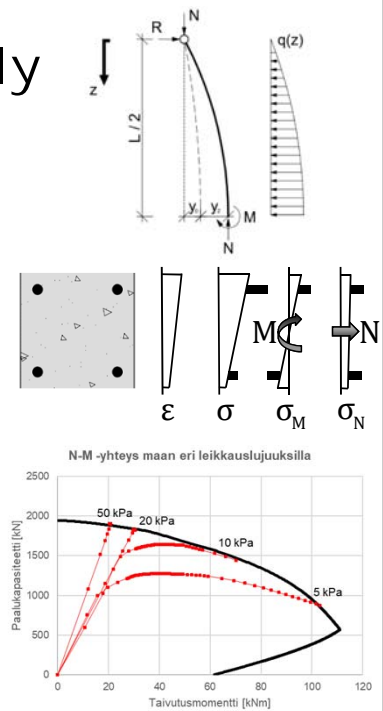


14.11.2018

10

Mekaaninen mitoitusmenettely teräsbetonipaalulle ($R_{d;str}$)

- Tuotelehden rakenteelliset kapasiteettiarvot on määritetty TTY:n tutkimusprojekissa, jossa teräsbetonipaaluille kehitettiin uudenlainen mitoitusmenettely
 - Maan paalua tukeva vaikutus ja paalumateriaalin ominaisuudet voidaan ottaa samanaikaisesti huomioon
 - Mitoitusmenettely perustuu toisen kertaluvun taipumiin sekä ulkoisen ja sisäisen momentin tasapainoehtoihin
 - Jatketun ja jatkamattoman paalun ero perustuu PO-2016 mukaiseen alkuepäkeskisyyteen, mahdollisesti tarkentuu myöhemmin
 - Lyöntien rasisusten vaikutus paalun betonimateriaaliin huomioitu kapasiteetilaskelmissa
- Lisätietoa kehitetystä mitoitusmenettelystä saatavilla pian julkaistavassa tieteellisessä lehtiartikkelissa



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

$R_{C;max}$ -taulukko ja yhteisvaikutusdiagrammit



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

14.11.2018

12

Taulukko $R_{c;max}$ -arvoista

- Uutta tuotelehdessä on myös taulukko paalujen $R_{c;max}$ -arvoista (Lyömällä osoitettavissa oleva paalun geoteknisen kestävyuden maksimi suunnittelussa)
- Taulukko toimii apuna suunnittelijalle, jos paalujen geotekninen kapasiteetti määritetään dynaamisten koekuormitusten avulla, jolloin korrelaatiokertoimena käytetään tuotelehden kapasiteettitaulukosta poikkeavaa arvoa
- Tällöin paaluilta ulosmitataan todennäköisesti enemmän kuormaa, joten suunnittelijan tulee olla normaalia valveutuneempi
- Edelleen tulee tarkistaa myös paalun rakenteellinen kestävyys erikseen

Paalutyyppi	$R_{c;max}$ [kN]		
	PTL1	PTL2	PTL3
RTB-250-16	1101	1231	1395
RTB-300-16	1579	1765	2000
RTC-300-16	1811	2024	2293
RTC-350-16	2459	2748	3114

Taulukko $R_{c;max}$ -arvoista

Esimerkki 1: (RTB-300, PTL3, PDA-mittaus)

- Otaksutaan, että paaluista PDA-mitataan 10-14 kpl/40-64 % ja käytetään signaalinsovitusta, jolloin $\xi_5 = 1,45 * 0,9 = 1,305$
- Tällöin paalun maksimikantavuudeksi murtorajatilassa voidaan määrittää:

$$R_{d;geo} = R_{c;max} / (\xi_5 * \gamma_t)$$

$$= 2000 \text{ kN} / (1,305 * 1,2) = 1277 \text{ kN}$$
- ⇒ Tässä tapauksessa PDA-mittauksista tulee tulosten keskiarvoksi saada vähintään $(R_{c;m})_{mean} = 2000 \text{ kN}$ ja minimiarvoksi vähintään $(R_{c;m})_{min} = R_{d;geo} * \xi_6 * \gamma_t \approx 1800 \text{ kN}$

Paalutyyppi	$R_{c;max}$ [kN]		
	PTL1	PTL2	PTL3
RTB-250-16	1101	1231	1395
RTB-300-16	1579	1765	2000
RTC-300-16	1811	2024	2293
RTC-350-16	2459	2748	3114

Esimerkki 2: (RTB-300, PTL2, RT:n lop.lyönnit)

- Tuotelehden taulukkoarvot: iskuaaltoanalyysissä $\xi_5 = 1,47$
- Tällöin $R_{d;geo} = R_{c;max} / (\xi_5 * \gamma_t)$

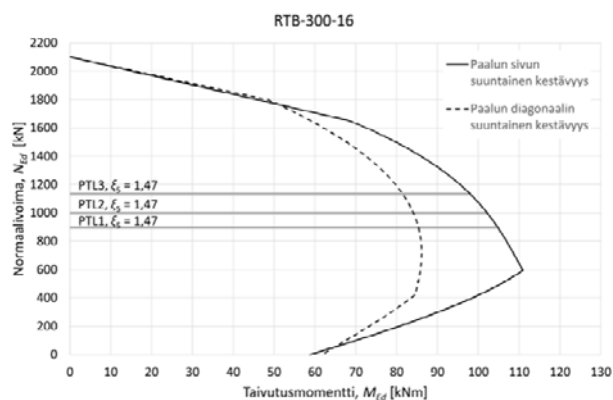
$$= 1765 \text{ kN} / (1,47 * 1,2) = 1001 \text{ kN}$$

Paalutyyppi	$R_{c;max}$ [kN]		
	PTL1	PTL2	PTL3
RTB-250-16	1101	1231	1395
RTB-300-16	1579	1765	2000
RTC-300-16	1811	2024	2293
RTC-350-16	2459	2748	3114

$R_{d;geo}$ [kN] *)		
PTL1	PTL2	PTL3
895	1001	1134

Yhteisvaikutusdiagrammit

- Jos paaluun kohdistuu aksiaalisen kuorman lisäksi ulkoista taivutusmomenttia, tulee poikkileikkauksen kestävyys tarkistaa normaalivoiman ja taivutusmomentin yhteisvaikutukselle
 - Paalun taipumasta aiheutuvat taivutusmomenttirasitukset puhtaan aksiaalisen kuormituksen tapauksessa on huomioitu jo kapasiteettitaulukon arvoissa
- Tuotelehdän yv-diagrammeissa on esitetty poikkileikkauksen kestävyys paalun sivun ja diagonaalin suuntaiselle taivutusrasitukselle
 - Ellei ole tarkempaa tietoa taivutusmomenttirasituksen suunnasta, tulee käyttää diagonaalin suuntaista yhteisvaikutusdiagrammia
- Diagrammeissa on esitetty myös tuotelehdän loppulyöntiehtoja vastaavat geotekniset kapasiteetit



KIITOS!

