

Betoniteollisuuden paaluseminaari

Betoniteollisuuden paaluseminaari 01.12.2011

Sokos Hotel Vantaa

Uusi paalutusohje PO-2011



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Teemu Riihimäki

7.12.2011

Päivän sisältö

Paalutusohje PO 2011

- Loppulyöntien laskentaperusteet ja soveltaminen
- Paaluihin syntyvät vetoaallot
- Paalutuskalustot
- Paalutuskoneen kuljettajan tutkinto
- Paalutuspöytäkirjat



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Teemu Riihimäki

Paalutusohje2011

PO 2011 sisältää kohtia, jossa esitetään uusia vaatimuksia paaluille, paalutuskalustoille ja paaluttajille.

- Materiaalien ja tuotteiden vaatimukset tulevat eurooppalaisista standardeista ja uudistuvista kansallisista määräyksistä (RakMK)
- Viranomaiset infra-alalla (liikennevirasto) ja talonrakennusalalla (ympäristöministeriö) voivat esittää erillisiä vaatimuksia eo. asioihin
- Paalutusohjeessa paalutuskalustojen ja paaluttajille esitettävät vaatimukset ovat kansallisia vaatimuksia



Tuotteet

PO 2011:

Esivalmisteisten paalujen ja paaluvarusteiden valmistajat osoittavat paalun rakenteen täyttävän paalutustyöluokan vaatimukset. Suomen Geoteknillinen Yhdistys ry pitää vaatimukset täyttävistä paaluista ajantasaista luetteloa internetissä sivuilla www.sgy.fi. Paalujen käsittelyyn, asennukseen ja muiden paalujen käyttöön liittyvistä asioista valmistaja tai toimittaja antaa erityisohjeet tämän paalutusohjeen yleisperiaatteita noudattaen.

→ Paaluvalmistaja laatii paaluille asennusohjeet



Historiaa LPO-2005

LPO 2005 loppulyönnit laskettu paalutuskaavalla

$$s = \frac{25M_H * (60\sqrt{H} * 0,995^{\frac{L_P}{P}} - F * \sigma_{sall})^2}{2E_P A_P \rho_P \sqrt{H} * 0,995^{\frac{L_P}{P}}}$$

Paalutuskaava yliarvioi paalupituuden vaikutusta painumaan, varmuuskertoimet on sovitettu eri paalutusluokissa "kalibroimalla" olemassa oleviin paalumittaustuloksiin.



Historiaa LPO-2005

Paalutus luokka	Paalun koko [mm²]	Suurin sallittu painuma [mm/10iskua]			Loppulyöntien iskunpituus [m] paalun pituuden ollessa				
		30 kN	40 kN	50 kN	5 m	10 m	20 m	35 m	50 m
IB	250 x 250	17	23	29	0,30	0,30	0,35	0,40	0,45
	300 x 300	-	16	20					
	350 x 350	-	12	9					
II	250 x 250	21	28	35	0,25	0,25	0,30	0,35	0,40
	300 x 300	14	19	24					
	350 x 350	-	14	18					
III	250 x 250	22	29	36	0,20	0,25	0,25	0,30	0,35
	300 x 300	15	20	25					



Ruotsalaisten malli

Kaikki paalut lyödään alle 10 mm painumaan 10 iskun sarjalla (paalupituudesta ei puhuta mitään) Ja saadaan mitoituskuormaksi R_d seuraavan taulukon mukaiset arvot

Tabell 2.5-4. Dimensionerande geoteknisk bärformåga R_d (kN), för förtillverkade betongpålar, installerade med frifallshejare.

Hejare	Fallhöjd (m)	Pålens tvärsnittsarea (m ²)	
		0,055	0,073/0,076
3 ton	0,3	520	600
	0,4	625	720
	0,5	715	805
4 ton	0,3	590	700
	0,4	700	820
	0,5	785	925
5 ton	0,3	640	740
	0,4	750	900



PO 2011 malli

Paalun geoteknistä puristuskestävyyttä voidaan arvioida myös iskuaaltoanalyysin avulla. Iskuaaltoyhtälöanalyysillä tarkoitetaan menettelyä, jossa simuloidaan paalujärkäleen, iskutyynyn, paalun ja maapohjan vuorovaikutusta numeerisesti.

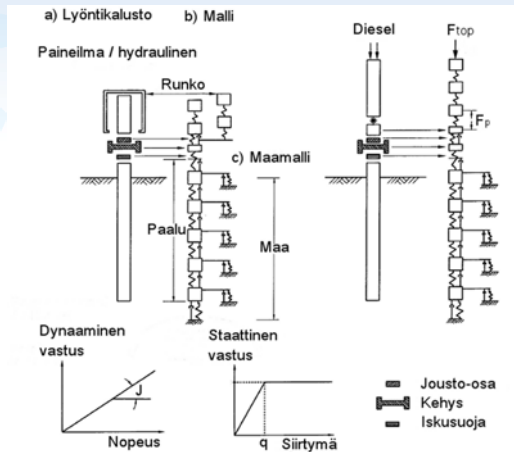
Iskuaaltoyhtälöanalyysi perustuu maan, paalun ja lyöntilaitteiston matemaattiseen malliin ilman iskuaaltomittauksia paikan päällä. Menetelmää käytetään tavallisesti järkäleen toimivuuden, dynaamisten maaparametrien ja jännitysten tutkimiseen paalussa lyönnin aikana. Mallien perusteella on myös mahdollista määrittää tarvittava lyöntivastus (lyöntimäärä), jolla on tavallisesti yhteys paalun geotekniseen puristuskestävyyteen.

Sovellettava varmuuskerroin iskuaaltoanalyysissä, kun lasketaan paalun geoteknisen puristuskestävyyden mitoitusarvo $R_{c,d}$ =

$$1,05 \cdot \gamma_s \cdot \gamma_t$$
$$\rightarrow 1,05 \cdot 1,4 \cdot 1,2 = 1,764$$



GRLWEAP-malli



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Teemu Riihimäki

Maamalli

Tukipaalujen loppulyöntiohjeita laskettaessa käytetään seuraavanlaista mallia: paalun vaippavastus on jakautunut tasaisesti alaspäin kasvavaksi kolmioksi ja vaippavastus on 20% paalun kokonaisvastuksesta.

Määritettäessä tukipaalujen loppulyöntejä iskuaaltoteoriaan perustuvilla simuloinneilla käytetään seuraavia dynaamisia maaparametreja:

- J_t 0,5 Smithin vaimennuskerroin, [s/m]
(Pålkommissionen rapport 92 suositus)
- J_s Smithin vaimennuskerroin paalun vaipalla kitkamaat
 $J_s=0,16$ s/m koheesiomaat $J_s=0,65$ s/m
- q_t $d/120$ mm, kuitenkin ≥ 1 mm
- q_s 2,5 mm paalun vaippaa ympäröivän maan kimmainen
kokoonpuristuminen ennen murtumista



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Teemu Riihimäki

Paalu ja järkäle

Paalu mallinnetaan

- Kimmomoduuli E (lasketaan)
- Paalun tilavuuspaino 2500 kg/m³
- Paalun dimensiot ja paalupituus (haluttu paalupituus)

$$E = 23000 \cdot \left(\frac{f_{cm}}{10} \right)^{0.3}$$

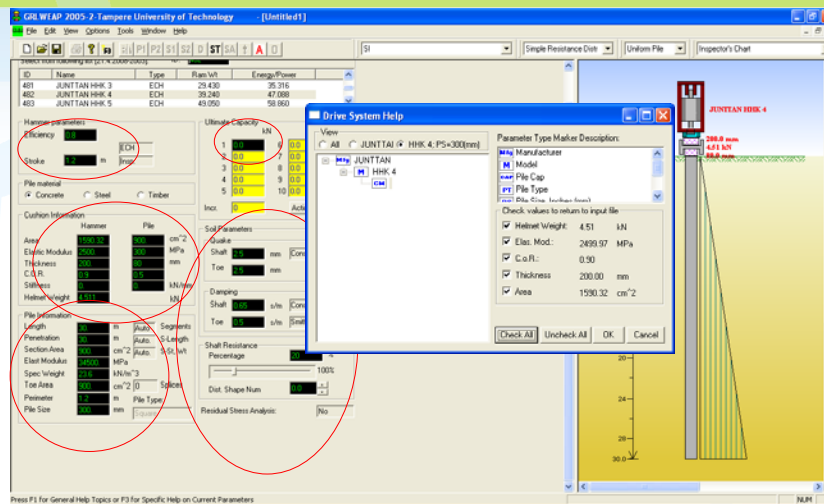
Järkäle voidaan mallintaa itse järkäleen dimensioiden ja massojen ja materiaalien mukaan, tai voidaan käyttää suoraan ohjelmiston järkälekirjastoa.



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Teemu Riihimäki

Järkäle



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Teemu Riihimäki

Iskusuoja

Iskusuojan mallintaminen ei ole yksiselitteistä.

- Iskusuojan puumateriaalia ei ole määritetty, eikä standardisoitu
- Iskusuoja kuluu lyönnin aikana, etenkin tapauksissa, jossa paaluun joudutaan lyömään upotuksen aikana tuhansia iskuja
- Materiaalin paksuus ja kimmomoduuli muuttuu

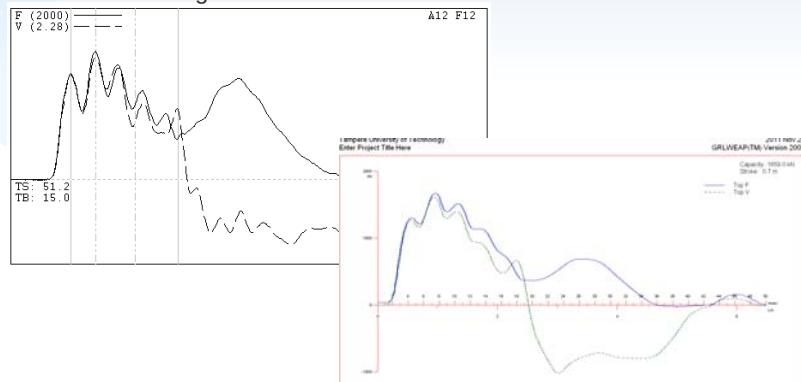
Millainen olisi hyvä iskusuojan malli?

- Pyritään mallintamaan mitatun signaalin mukainen iskuaalto muuttamalla iskutyynyn materiaali ominaisuuksia (signaalit valittu tyypillisistä tapauksista PDA-mittauksissa)



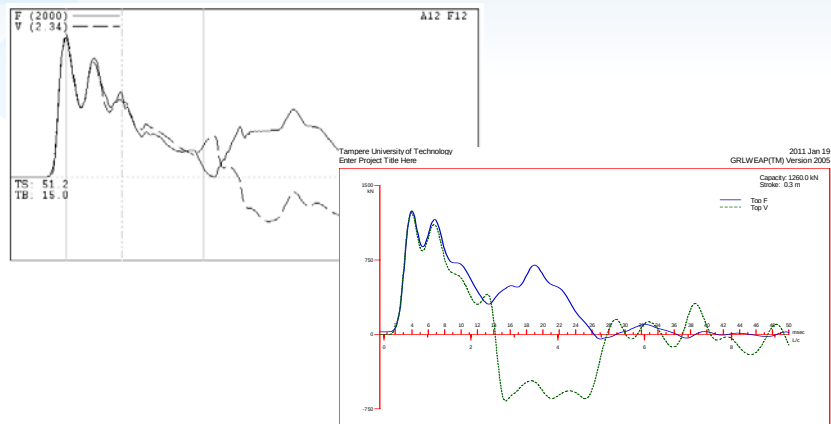
Iskusuoja 1.

PDA-mittaussignaalin mallinnus



Iskusuoja 2.

PDA-mittaussignaalin mallinnus

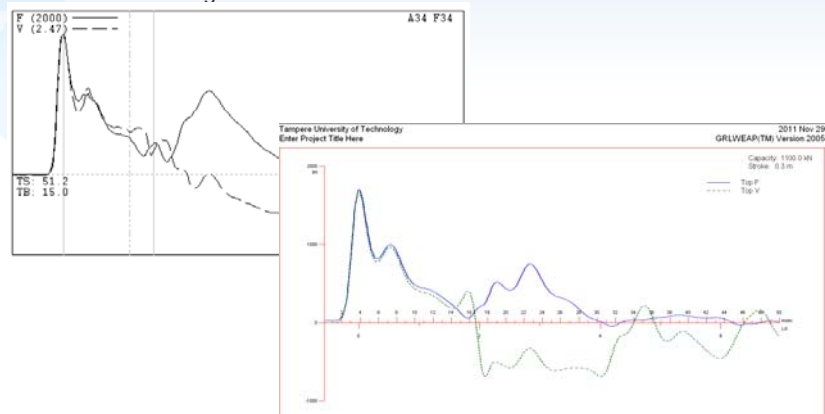


TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Teemu Rihimäki

Iskusuoja 3.

PDA-mittaussignaalin mallinnus



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Teemu Rihimäki

Iskusuoja

Edelliset mallit:

1. Uusi suoja E=180 MPa, paksuus 100mm
2. Lyöty suoja E=500 MPa, paksuus 70 mm
3. Lähes loppuun kulunut tyyny E=1200 MPa, paksuus 50 mm

→Iskusuojan ominaisuudet muuttuvat käyttöikänsä aikana todella paljon

→Oletetaan, että 2. tilanne on sellainen, joka useimmiten toteutuu lopetuslyöntien aikana (yleensä paalua tarvitsee lyödä ennen lopetuslyöntejä) => PO 2011 mukainen loppulyöntilaskentamalli iskusuojalle – kompromissi



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Teemu Riihimäki

Loppulyönnit

Lyöntiläite		Junttan HHK 4							
Betoni		C40/50							
Sivunäyttö		300 mm							
Puristuslujuus f _{cm}		28,6 MPa							
EM		36880,0 MPa							
Paalupituus		5	10	20	30	40	50 H	E [m]	
Ru	s	2,23	2,1	1,99	1,99	1,98	1,97	0,25	1
1100 CSX		15,4	15,3	14,7	14,2	13,9	13,7		
TSX		0,3	1,4	3,1	2	3,6	3,6		
Ru	s	2,51	2,27	2,19	2,18	2,17	2,15	0,3	1,2
1200 CSX		17,3	16,9	16,2	15,7	15,3	15		
TSX		0,3	1,6	3,3	2,5	3,5	4		
Ru	s	1,97	1,73	1,63	1,63	1,62	1,61	0,3	1,2
1300 CSX		18,2	17,6	16,8	16,3	15,8	15,7		
TSX		0,4	1,8	3,9	2,8	3,5	4,4		
Ru	s	2,17	1,85	1,77	1,76	1,74	1,73	0,35	1,4
1400 CSX		19,9	19,1	18,3	17,7	17,3	17		
TSX		0,4	2	4,1	3,3	3,5	4,7		
Ru	s	2,32	1,93	1,86	1,84	1,82	1,8	0,4	1,6
1500 CSX		21,6	20,6	19,7	19,1	18,7	18,3		
TSX		0,4	2,3	4,3	3,8	3,5	4,8		
Ru	s	2,43	1,97	1,9	1,88	1,86	1,84	0,45	1,8
1600 CSX		23,3	22	21	20,4	20	19,6		
TSX		0,5	2,6	4,4	4,2	3,5	4,9		
Ru	s	2,5	1,99	1,92	1,89	1,87	1,85	0,5	2
1700 CSX		24,9	23,4	22,4	21,7	21,2	20,9		
TSX		0,5	2,8	4,6	4,5	3,8	5		
Ru	s	2,55	1,98	1,91	1,88	1,85	1,83	0,55	2,2
1800 CSX		25,5	24,7	23,7	22,9	22,4	22		
TSX		0,6	3	4,6	4,8	3,8	5		
Ru	s	1,66	1,95	1,88	1,85	1,82	1,8	0,6	2,4
1900 CSX		26,3	26,1	25	24,2	23,7	23,2		
TSX		0,6	3,3	4,7	5	3,7	5,1		
Ru	s	1,29	1,54	1,49	1,47	1,45	1,44	0,6	2,4
2000 CSX		26,8	26,6	25,4	24,7	24,1	23,7		
TSX		0,7	3,6	4,8	5,1	3,7	5,2		



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Teemu Riihimäki

Soveltaminen

PTL2

Paalulla on muuttuvaa kuormaa 200kN ja pysyvää kuormaa 400 kN

Kuorman mitoitusarvo $1,15 \cdot 1 \cdot 400 \text{ kN} + 0,9 \cdot 200 \text{ kN} = 640 \text{ kN}$ tai

$1,35 \cdot 1 \cdot 400 \text{ kN} = 540 \text{ kN}$ (epäedullisin määräävä)

$$\begin{cases} 1,15 K_{FI} G_{kj,sup} + 0,9 G_{kj,inf} + 1,5 K_{FI} Q_{k,1} + 1,5 K_{FI} \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \\ 1,35 K_{FI} G_{kj,sup} + 0,9 G_{kj,inf} \end{cases}$$

Loppulyöntien varmuuskerroin 1,764 -> $R_u = 1129 \text{ kN}$

Edellisestä taulukosta voidaan ottaa 1100 kN kohdalta esim 10 m paalulle painuma 21mm/10 lyöntiä $H=0,25 \text{ m}$

Käytännössä paaluvalmistajat ilmoittavat suoraan taulukot eri PTL mukaisille paaluille



PTL mukainen loppulyöntitaulukko

Esimerkki loppulyöntitaulukosta 300x300/1

PTL	Lyöntilaite	Paalupituus [m]						Pudotuskorkeus lyöntienergia	
		5	10	20	30	40	50	H[m]	E[tm]
PTL 1	Hydrauliijärkäle 4t	22	18	17	17	17	17	0,35	1,4
	Kiihdytetty hydrauliijärkäle 4t	22	19	18	18	18	18	0,3	1,2
	Hydrauliijärkäle 5t	23	21	20	20	20	20	0,3	1,5
	Kiihdytetty hydrauliijärkäle 5t	22	18	17	17	17	16	0,25	1,25
PTL 2	Lyöntilaite	Paalupituus [m]						Pudotuskorkeus lyöntienergia	
		5	10	20	30	40	50	H[m]	E[tm]
PTL 2	Hydrauliijärkäle 4t	21	17	16	16	16	16	0,4	1,6
	Kiihdytetty hydrauliijärkäle 4t	23	18	18	18	17	17	0,35	1,4
	Hydrauliijärkäle 5t	24	21	20	20	20	19	0,35	1,75
	Kiihdytetty hydrauliijärkäle 5t	23	19	18	18	17	17	0,3	1,5
PTL 3	Lyöntilaite	Paalupituus [m]						Pudotuskorkeus lyöntienergia	
		5	10	20	30	40	50	H[m]	E[tm]
PTL 3	Hydrauliijärkäle 4t	25	19	19	18	18	18	0,5	2
	Kiihdytetty hydrauliijärkäle 4t	22	17	16	16	16	16	0,4	1,6
	Hydrauliijärkäle 5t	23	19	18	18	18	17	0,4	2
	Kiihdytetty hydrauliijärkäle 5t	24	18	17	17	16	16	0,35	1,75



Epävarmuustekijät, entä jos?

Lyödään paalu 10 mm/iskusarja 0,3m pudotuskorkeudella kiihdyttämätön 4t järkäle.

Mitä jos järkäleen tehokkuus ei ole 80% kuten oletetaan

Tehokkuus [%]	60	70	80	90
Murtokuorma Rcm [kNm]	1245	1360	1465	1565
Muutos [%]	-15,0 %	-7,2 %	0,0 %	6,8 %

Mitä jos pudotuskorkeus ei ole 0,3m

Pudotuskorkeus H [m]	0,2	0,25	0,3	0,35
Murtokuorma Rcm [kNm]	1160	1320	1465	1590
Muutos [%]	-20,8 %	-9,9 %	0,0 %	8,5 %

Mitä jos iskusuoja onkin erilainen

Kimmomoduuli [Mpa]	300	400	500	1000
paksuus [mm]	150	100	80	50
Murtokuorma Rcm [kNm]	1300	1400	1465	1550
Muutos [%]	-11,3 %	-4,4 %	0,0 %	5,8 %

Mitä jos kaikki asiat ei ole kuten on arvattu?



Vaihtoehto

Entä jos edellisen tapauksen (kuorman mitoitusarvo $R_{c,d}=640$ kN) geotekninen murtokestävyys määritetäänkin PDA-mittauksilla. Kohteessa tehdään yksi mittaustyövuoro ja mitataan 21 paalua.

- Korrelaatiokertoimet $\xi_5 = 1,4$ ja $\xi_6 = 1,25$
- Kestävyyden osavarmuusluku $\gamma_t=1,2$
- Keskiarvoksi saadaan 1075 kN, ja minimiarvoksi 960 kN, eli PDA-tulosten keskiarvo on oltava vähintään 1075kN ja pienimmän arvon mittauksissa vähintään 960 kN

PDA-mittauksilla voidaan myös mahdollisesti määrittää ”löysemmät” loppulyöntiehdot kuin laskelmilla (paalumetrejä säästää)

Paalutustyöluokassa 3 loppulyönnit tarkastetaan aina PDA-mittauksilla



Teräsbetonipaaluun syntyvät vetojännitykset

Paaluun syntyy lähes poikkeuksetta vetojännityksiä lyönnistä.

PO2011 esittää seuraavanlaiset tapaukset, joissa on odotettavissa suuria vetojännityksiä:

1. lyönti saveen uudella 100 mm iskusuojalla ($E=350$ MPa)
2. lyönti saveen käytetyllä 50 mm iskusuojalla ($E=1000$ MPa)
3. lyönti 3 m paksun täytön läpi, täytön alla savea 47 m uudella 100 mm iskusuojalla ($E=350$ MPa)
4. lyönti 3 m paksun täytön läpi, täytön alla savea 47 m käytetyllä 50 mm iskusuojalla ($E=1000$ MPa)



Vetojännitystarkastelu

- Tehdään maamalli, käyttäen parametrejä
- Lyödään paalu maahan
- Tarkastellaan syntyvät vetojännitykset
- Kriittisin tapaus on neljäs tapaus, jossa paalu lyödään täytön lävitse kuluneella iskusuojalla.

Parametri	Täyttö	Savi
Vaippakestävyys q_b [kPa]	100	5
Kärkivoima R_b [kN]	100	20
Kärjen quake s_{qj} [mm]	2,5	2,5
Vaipan quake $s_{q\phi}$ [mm]	2,5	2,5
Kärjen Smith vaimennuskerroin J_1 [s/m]	0,5	0,5
Vaipan Smith vaimennuskerroin J_s [s/m]	0,16	0,65



Esimerkki analyysi

300x300 tb paalu C35/45, pääteräkset 4x16 mm

Paalu poikkileikkaukselle sallittu vetojännitys $= 0,9 \cdot F_{yk} \cdot A_s / A_{\text{paalu}} = 5,6$ MPa

- Kokeillaan ensin lyödä paalua saveen käyttäen pudotuskorkeutena 0,2 m kiihdytetty 4t järkäle, kulunut iskusoja
- Kokeillaan lyödä 15m paalu täytön lävitse 0,1 m pudotuskorkeutta käyttäen samalla järkäleellä



Analyysin 1 tulokset

Depth	G-LS	G-Lt	Fullt	Set	Blot	TopFx	McS	McTz	ENTHRU	AutPes	Stroke
m			mm	mm	Bl/m	mm	MPa	MPa	mm	mm	m
0.5	1.00/1.00		23.1000.00	1.0	0.0	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.20
1.0	1.00/1.00		26.1000.00	1.0	0.0	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.20
2.0	1.00/1.00		32.1000.00	1.0	0.0	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.20
3.0	1.00/1.00		38.1000.00	1.0	0.0	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.20
4.0	1.00/1.00		44.65.88	15.2	1248.4	13.472	2.764	3.3	44.0	0.20	
5.0	1.00/1.00		50.59.38	16.8	1251.0	13.500	2.797	3.0	50.0	0.20	
6.0	1.00/1.00		56.63.92	15.6	1248.9	13.540	2.979	6.5	56.0	0.20	
7.0	1.00/1.00		62.60.26	16.6	1249.0	13.540	2.977	6.5	62.0	0.20	
8.0	1.00/1.00		68.54.25	17.8	1249.3	13.540	2.971	6.5	68.0	0.20	
9.0	1.00/1.00		74.52.87	18.9	1250.3	13.550	2.958	6.8	74.0	0.20	
10.0	1.00/1.00		80.49.56	20.2	1252.9	13.521	2.943	6.3	80.0	0.20	
11.0	1.00/1.00		86.48.41	20.7	1248.9	13.536	7.151	6.9	86.0	0.20	
12.0	1.00/1.00		92.48.32	20.7	1248.9	13.541	7.410	6.9	92.0	0.20	
13.0	1.00/1.00		98.48.22	20.7	1248.9	13.546	7.201	6.9	98.0	0.20	
14.0	1.00/1.00		104.48.35	20.7	1248.9	13.551	7.182	7.1	104.0	0.20	
15.0	1.00/1.00		110.46.11	21.7	1248.9	13.554	7.045	7.1	110.0	0.20	
16.0	1.00/1.00		116.43.10	22.8	1249.0	13.555	7.042	6.9	116.0	0.20	
17.0	1.00/1.00		122.41.05	23.9	1249.1	13.556	7.036	6.9	122.0	0.20	
18.0	1.00/1.00		128.38.99	25.0	1249.2	13.555	7.009	6.9	128.0	0.20	
19.0	1.00/1.00		134.36.94	26.1	1249.3	13.554	7.008	7.0	134.0	0.20	
20.0	1.00/1.00		140.34.89	27.2	1249.4	13.517	7.109	6.8	140.0	0.20	
21.0	1.00/1.00		146.32.84	28.3	1248.9	13.539	8.269	6.9	146.0	0.20	
22.0	1.00/1.00		152.30.79	29.4	1248.9	13.560	8.293	6.9	152.0	0.20	
23.0	1.00/1.00		158.28.74	30.5	1248.9	13.581	8.319	6.9	158.0	0.20	
24.0	1.00/1.00		164.26.69	31.6	1248.9	13.602	8.346	6.9	164.0	0.20	
25.0	1.00/1.00		170.24.64	32.7	1248.9	13.623	8.373	6.9	170.0	0.20	
26.0	1.00/1.00		176.22.59	33.8	1248.9	13.644	8.400	6.9	176.0	0.20	
27.0	1.00/1.00		182.20.54	34.9	1248.9	13.665	8.426	6.9	182.0	0.20	
28.0	1.00/1.00		188.18.49	36.0	1248.9	13.686	8.453	6.9	188.0	0.20	
29.0	1.00/1.00		194.16.44	37.1	1248.9	13.707	8.480	6.9	194.0	0.20	
30.0	1.00/1.00		200.14.39	38.2	1248.9	13.728	8.507	6.9	200.0	0.20	
31.0	1.00/1.00		206.12.34	39.3	1248.9	13.749	8.534	6.9	206.0	0.20	
32.0	1.00/1.00		212.10.29	40.4	1248.9	13.770	8.561	6.9	212.0	0.20	
33.0	1.00/1.00		218.08.24	41.5	1248.9	13.791	8.588	6.9	218.0	0.20	
34.0	1.00/1.00		224.06.19	42.6	1248.9	13.812	8.615	6.9	224.0	0.20	
35.0	1.00/1.00		230.04.14	43.7	1248.9	13.833	8.642	6.9	230.0	0.20	
36.0	1.00/1.00		236.02.09	44.8	1248.9	13.854	8.669	6.8	236.0	0.20	
37.0	1.00/1.00		242.00.04	45.9	1248.9	13.875	8.696	6.8	242.0	0.20	
38.0	1.00/1.00		248.00.00	47.0	1248.9	13.896	8.723	6.8	248.0	0.20	
39.0	1.00/1.00		254.00.00	48.1	1248.9	13.917	8.750	6.8	254.0	0.20	
40.0	1.00/1.00		260.00.00	49.2	1248.9	13.938	8.777	6.8	260.0	0.20	
41.0	1.00/1.00		266.00.00	50.3	1248.9	13.959	8.804	6.8	266.0	0.20	

Kun paalupituus ylittää 10m paalu todennäköisesti vaurioituu vetojännitysten ylitysten seurauksena, pitkillä paaluilla joudutaan käyttämään pienempää pudotuskorkeutta



Analyysin 2 tulokset

Lyönti täytön läpi tapaus 2
Tampere University of Technology

2011/11/29
GRLWEAP (TM) VERSION 2005

Depth m	G-LS G-Lt	Rult kN	Set mm	BlCt Bl/m	TopFx kN	HxCs MPa	HxTS MPa	ENTHRU kJ	ActRes kN	Stroke m
0.5	1.00/1.00	160.	14.04	71.2	827.7	9.197	0.000	3.2	160.	0.10
1.0	1.00/1.00	220.	10.52	95.0	827.7	9.197	0.309	3.3	220.	0.10
2.0	1.00/1.00	340.	6.49	154.0	828.2	9.202	0.201	3.2	340.	0.10
3.0	1.00/1.00	460.	4.12	242.8	829.9	9.221	0.540	3.0	460.	0.10
4.0	1.00/1.00	386.	5.76	173.5	835.3	9.281	1.207	3.1	386.	0.10
5.0	1.00/1.00	392.	5.59	179.0	848.5	9.428	2.123	2.6	392.	0.10
7.6	1.00/2.00	404.	6.04	165.7	832.8	9.671	2.920	3.3	398.	0.10
10.0	1.00/1.00	416.	5.91	159.1	832.8	9.673	2.886	3.3	404.	0.10
12.0	1.00/1.00	422.	5.88	170.1	891.1	9.583	2.968	3.4	410.	0.10
13.0	1.00/1.00	428.	6.09	164.3	832.3	9.892	3.436	3.4	416.	0.10
14.0	1.00/1.00	446.	5.83	171.7	832.3	9.847	3.890	3.0	422.	0.10
15.0	1.00/1.00	452.	5.72	174.9	832.3	9.761	3.502	3.4	428.	0.10
							4.139	3.4	434.	0.10
							4.505	3.3	440.	0.10
							4.526	3.3	446.	0.10
							4.441	3.3	452.	0.10

Vetojännitykset ovat alle 5,6 MPa
jolloin paalu todennäköisesti selviytyy
maahan enjana



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Teemu Riihimäki

Lyöntipaalutuskalustot

PO 2011:

Paalutustyöluokissa PTL2 ja PTL3 lyöntilaitteen valmistajan, maahantuojaan tai käyttäjän on selvitettävä paalutukseen olennaisesti vaikuttavat erilaiset tekijät. Näitä ovat mm. lyönnin kokonaistehokkuus, soveltuvat iskusuojat eri paalujen lyöntiin, iskusuojien vaikutus paaluun välittyviin jännityksiin eri paalutypeilla, vrt. osa 1 liite 2 yms. Lyöntilaitteen olennaisten muutostöiden yhteydessä ja uusia paalutyyppäjä asianomaisella lyöntilaitteella asennettaessa, tiedot päivitetään.

Paalutustyöluokassa PTL1 lyöntilaitteen tulee olla käyttöön tarkoitettu ja tunnettu sekä lyöntitapahtumaan vaikuttavat olennaiset tekijät kokemusperäisesti pääteltävissä tai laskettavissa.



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Teemu Riihimäki

Lyöntipaalutuskalustot

Teräsbetonipaalujen lyönnissä Suomessa käytetään pääasiassa Junttanin järkäleitä, joiden kokonaistehokkuudet ja ominaisuudet ovat varsin hyvin tiedossa.

Järkäleen kokonaistehokkuus voidaan määrittää luotettavasti esim. PDA-mittauksella.

Tällä hetkellä lähes jokaisella teräsbetonipaaluun soveltuvasta lyöntilaitteella on tehty PDA-mittaus.

Toki järkäleen kunto vaikuttaa järkäleen lyöntienergiaan, eli uutena mitattu ja 20 vuotta käyttöönoton jälkeen mitattu mittaustulos saattaa poiketa toisistaan.

Paalutusurakoitsija voi itse kerätä järkäleensä mittaustietoja eri kohteista ja osoittaa näin lyöntilaitteen pätevyyden.



Paalutuskoneen käyttäjä PO-2011

Paalutustyöluokan 3 työssä paalutuskoneen käyttäjän tulee osoittaa pätevyytensä tarkoitukseen sopivalla näyttötutkinnolla tai koulutuksesta saadulla todistuksella. Lisäksi käyttäjällä tulee olla vähintään viiden vuoden kokemus paalutustyöstä, josta vähintään kolme vuotta paalutuskoneen käyttäjänä.

Paalutustyöluokan 2 työssä paalutuskoneen käyttäjällä tulee olla vähintään vuoden kokemus paalutustyöstä ja riittävät tiedot paalutuskoneesta ja sen käytöstä ja paalutustyön laatuun vaikuttavista tekijöistä. Kokemuksen ja tietojen riittävyys osoitetaan vastaavan paalutustyönjohtajan pätevyyden omaavan henkilön antamalla todistuksella. Vaihtoehtoisesti pätevyys voidaan osoittaa sopivalla näyttötutkinnolla tai koulutuksesta saadulla todistuksella.

Paalutustyöluokan 1 työssä paalutuskoneen käyttäjällä tulee olla riittävät tiedot paalutuskoneesta ja sen käytöstä ja paalutustyön laatuun vaikuttavista tekijöistä.



Paalutuskoneen käyttäjä

Paalutustoimikunta selvittää tarvittavan koulutuksen / näyttötutkinnon mahdollisuuksia

- Paalutustoimikunta etsii sopivasti "katu-uskottavaa" yhteistyökumppania ja kouluttajaa, mallia koulutukseen ensivaiheessa on haettu pohjatutkijoiden koulutuksesta
- Alustavasti koulutus voisi koostua esimerkiksi 1. päivän teoriakoulutus, itseopiskelua ja kirjallinen kuulustelu + haastattelu
- Koulutuksen sisältö olisi kuitenkin sellainen, että sitä voitaisiin käyttää esim. uusien paaluttajien alalle kouluttautumisessa yhdessä esim. paalutuslaitevalmistajien kone/käyttöönottokoulutuksen kanssa / käytännön työssä opittavassa paalutustyössä
- Tällöin esim. vähäisemmällä työkokemuksella näyttötutkinnon suorittamisella pätevöityisi vuoden paalutuskokemuksen perusteella PTL2:n paalutustöihin (PO-2011:n vaatimus).



Paalutuspöytäkirjat

Uudet paalutuspöytäkirjamallit eivät poika olennaisesti vanhoista LPO 2005 pöytäkirjoista.

Osa merkinnöistä ja termeistä on toki muuttunut

Paalutuspöytäkirjamallit on tehty samantyyppisiksi eri paalutustyypeille, asennustavasta riippumatta, niiden lukemisen helpottamiseksi

Esimerkkejä uudista paalutuspöytäkirjoista ja paalutustyön yhteenvedosta on saatavilla RIL: n internet sivulla

www.ril.fi/julkaisut/kirjakauppa esimerkit ovat excell pohjina.



Loppu, kysymyksiä?

Kiitoksia mielenkiinnosta!



TTY:n tarjoamat paaluihin liittyvät tutkimuspalvelut:

- Paalujen koekuormitukset
 - PDA-mittaukset
 - staattiset koekuormitukset
- Paalujen ehjyysmittaukset
 - PIT-mittaukset
 - kaivinpaalujen ultraäänimittaukset
- Paalujen instrumentoinnit
- Paalujen jatkosten ja kalliokärkien testaukset
 - jännitysmittaukset
 - taivutuskokeet
- Lopetuslyöntien laskennat ja GRLWEAP analyysit



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Teemu Riihimäki