

Stoppslagning och geoteknisk bärförmåga för borrhade stålpålar (och lite om rakhetsmätning)

Borrade stålrörspålar

Dimensioner mellan $\Phi 115$ -300 mm
(slanka) och >300 mm (grova)

Utförs som spetsburna pålar

Mikropålar SS-EN 14199

Grova borrade pålar SS-EN 1536

Pålkommisionens rapport 104

Borrade stålrörspålar



Geoteknisk bärförmåga (GEO)

Kan verifieras på tre sätt;

- Hävdvunnen åtgärd
- Provpålning med mätning
- Beräkning



Härdvunnen åtgärd

- Stoppslagningskriterier som baseras på erfarenhet och simuleringar

Tabell 5.4. Dimensionerande geoteknisk bärförmåga i kN vid stoppslagning av slanka stålrörspålar med frifallshejare till sjunkning $s = 5 \text{ mm/10 slag}$.

Påle	F _{stuk} kN (f _{yk} =440 MPa)	R _d kN (0,33 × F _{stuk})	Hejare kN	Fallhöjd i meter vid pållängd			
				5 m	10 m	15 m	30 m
76,1/6,3	608	201	5	0,40	0,45	0,55	0,80
			10	0,20	0,30	0,35	0,45
88,9/6,3	719	237	5	0,50	0,65	0,80	1,10
			10	0,30	0,40	0,45	0,60
114,3/6,3	941	311	10	0,35	0,50	0,60	0,80
			20	0,20	0,30	0,35	0,50
114,3/8,0	1176	388	10	0,45	0,60	0,70	0,95
			20	0,25	0,35	0,40	0,55
139,7/8,0	1456	480	20	0,30	0,45	0,55	0,70
			30	0,20	0,30	0,40	0,55
139,7/10,0	1793	592	20	0,35	0,50	0,60	0,85
			30	0,25	0,40	0,45	0,60
168,3/10,0	2188	722	30	0,35	0,50	0,60	0,80
			40	0,25	0,40	0,50	0,65
168,3/12,5	2692	888	30	0,40	0,55	0,65	0,95
			40	0,30	0,45	0,55	0,70
219,1/10,0	2890	954	30	0,50	0,45	0,85	1,20
			40	0,40	0,55	0,65	0,90
219,1/12,5	3570	1178	30	0,60	0,80	0,95	1,30
			40	0,45	0,65	0,75	1,00

Provpålning med mätning

- Den absolut vanligaste metoden att verifiera bärförmågan i Sverige
- Utförs nästan uteslutande med stötvågsmätning (PDA), som fåtalsprovning av 10-25 %
- PDA-mätningen ger också integritetskontroll av pålen



Stötvågsmätning

- Accelerometer och töjningsgivare monteras på pålen.
- Mätansvarig kopplar upp sig mot utrustningen
- Pålsmaskinisten släpper hejaren från en vald höjd (energi).



Antal mätningar

”X mätningar per kontrollområde”

Ca 25x25 m

Varför?



$$R_{k.mean} = \frac{R_{mean}}{\xi_5}$$

$$R_{k.min} = \frac{R_{min}}{\xi_6}$$

$$R_d = \frac{1}{\gamma_{R_d}} \cdot \frac{R_k}{\gamma_R}$$

Tabell A.11 Korrelationskoefficienter ξ för bestämning av karakteristiska värden från dynamiska provbelastningar (n - antalet provade pålar)

ξ för $n =$	3	4	≥ 5	≥ 10	≥ 15	≥ 20	≥ 40	samtliga
ξ_5	1,60	1,55	1,50	1,45	1,42	1,40	1,35	1,30
ξ_6	1,50	1,45	1,35	1,30	1,25	1,25	1,25	1,25

Hur funkar det?

- Det är inte upp till borroperatören att bestämma vad som är bra berg ("friskt berg"). Han kan omöjligt veta hur berget ser ut under där han stannat, sprickor, rösberg etc.
- Detta måste kontrolleras med stoppslagning med erforderlig energimängd för hela populationen, så att den geotekniska bärförmågan sedan kan bestämmas med fåtalsprovning genom stötvågsmätning.
- Vid undertramp då enskild påle sjunker mer än 1,0 mm för mätslaget, måste fler pålar stötvågsmätas, alternativt stoppslås på nytt med en större energimängd än tidigare.

Hur funkar det?

- a) Hejaren ska vara gejderstyrd och slå centriskt på pålarna.
- b) Hejarens data (slagkolv och slagenergi) ska vara väl dokumenterad och utprovad för de dimensioner på pålar som ska stoppslås. Man måste kontrollera både att hejaren inte slår för hårt eller för löst. För vissa av de tyngre hydraulhejarna måste man reducera slagenergier för att de ska passa för stoppslagning av pålar.
- c) Om stoppslagning till ett objekt enbart görs med "lätta" hejare ska stoppslagningsregler vara verifierad med datorsimulering (WEAP) som visar att hejaren uppfyller ställda krav. Alternativt kan man utföra kontrollslagning med en fallhejare, se exempel i Tabell 5.4.
- d) Krav på hejarvikter (slagkolvar).
Fallhejare: slagkolvvikt > 5 ggr pålvikt/ löpmeter
Lufthejare: slagkolvvikt > 3 ggr pålvikt/ löpmeter
Hydrauhejare: slagkolvvikt > 2 ggr pålvikt/ löpmeter

Varför är det så viktigt att stoppslå samtliga pålar på korrekt sätt?

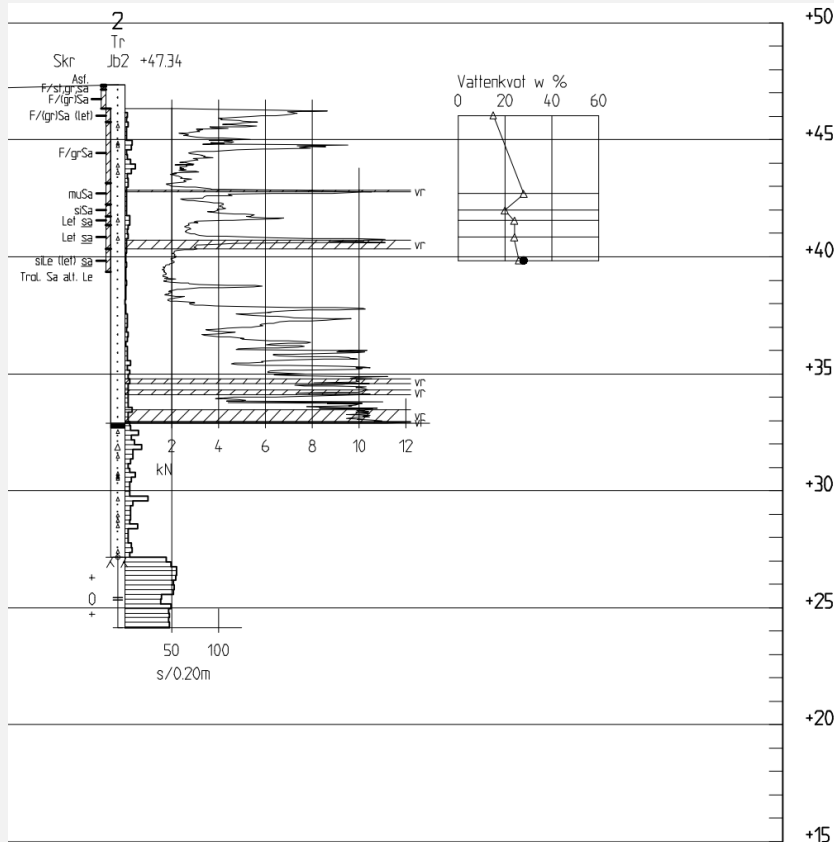
Konsekvenser av misslyckande...

När man inte kan verifiera för beställaren att pålarna klarar lasten;

- Utökad mätning och stoppslagning av alla pålar i efterhand (med lite tur kommer man åt...)
- (Försäkrings)åtagande för hela byggnationen
- Risig relation för fortsatta jobb

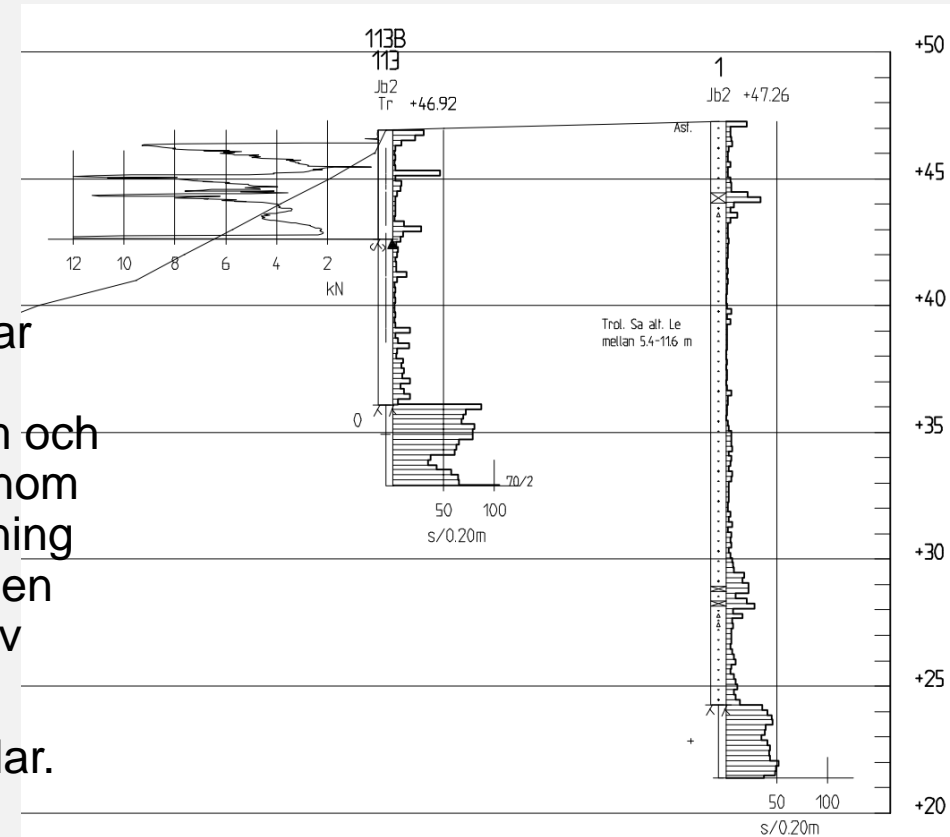


Geotekniska undersökningar?



I detta exempel var lasten 1300 kN, diametern 170 mm och två pålar sjönk genom troligt kax vid mätning och en sjönk över en meter, tills den blev dränkt.

Totalt 27 mätta pålar.



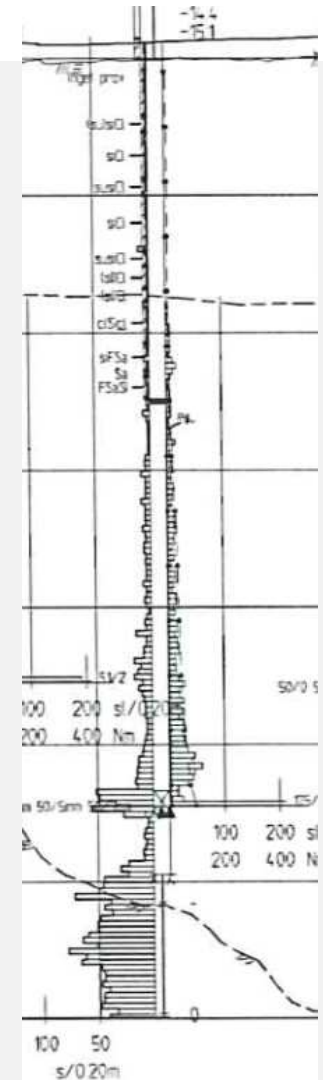
Geotekniska undersökningar

Unconfined Compression Strength UCS, q_u , mått på bergets hållfasthet.

I granit kan den vara 100-200 MPa, i gnejs något lägre, i kalksten 40-80 MPa och i skiffer 25-65 MPa.

I detta exemplet var lasten 2700 kN, diametern 323 mm och två pålar sjönk ca 60 cm, resp 30 cm. Resterande 5 st hade inga problem alls.

Faiulure load, F_{max} [kN]	UCS [MPa]	$(UCS-m_x)^2$
194,2	75	2,56
252,3	98	436,81
162,4	63	190,44
196,5	76	0,49
186,2	72	23,04
AVERAGE, m_x =	77	MPa
SUM($UCS-m_x$)² =	653	
$s_x^2 = (1/(n-1))*SUM(UCS-m_x)^2 =$	163	n =
$s_x =$	13	
$V_x = s_x / m_x =$	0,17	
For V_x unknown beforehand, $k_n =$	2,33	
$UCS_c = m_x(1 - k_n V_x) =$	47,0	MPa



Geotekniska undersökningar

Spetsmotstånd på och i berg

Nedborrad påle i intakt berg eller inmejslad bergdubb: $5q_u$.

Bergdubb på intakt berg (halvoändligt medium): $4q_u$

Påle på intakt berg (halvoändligt medium): $3q_u$

Provningen kan dimensionera. Med en totalsäkerhetsfaktor för provningen på ca 1,5 och en spegling av stötvågen mot ett stumt material (berg) med fördubbling av spänningen i snittet som följd kan berget vara tvunget att klara upp till 3 ggr den dimensionerande lasten vid stötvågsmätning.

En statisk provbelastning kan i extremfallet vara en lösning...

Rakhetsmätning

Dimensionerande initialkrokighet:

$$\delta_0 = \delta_g \cdot \gamma_d + \delta_f \quad \gamma_d = \text{Osäkerhet i pilhöjd:}$$

- Om ingen rakhetsmätning utförs ger det $\gamma_d=2,0$
- Inklinometermätning av 5 % (min 4 st) ger $\gamma_d=1,3$
- Inklinometermätning av 10 % (min 4 st) ger $\gamma_d=1,2$
- Inklinometermätning av 25 % (min 10 st) ger $\gamma_d=1,1$
- Inklinometermätning av alla pålar ger $\gamma_d=1,0$

Alla pålar kontrolleras med tolk/(ficklampa) och de "krokigaste" 5 % (min 4 st) kontrolleras med inklinometer, kan också ge $\gamma_d=1.0$, Skall utföras av från projektet oberoende person, ansvarig geokonstruktör eller av UE som utför inklinometermätningen.

Vid inklinometermätning gäller värden för $\delta_g=\delta_k$ enligt PKR 98 4.3.1 Alternativ 2.

Om pålen förutsätts ha en raket som överstiger $l_k/200$ krävs någon form av verifiering.

