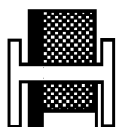


PÅLKOMMISSIONEN

Commission on Pile Research



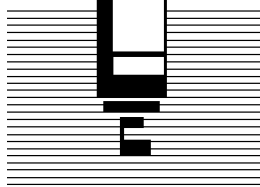
Verifiering av geoteknisk bärförmåga
med dynamisk provbelastning -
Normering av partialkoefficienter

CLAES ALÉN

LINKÖPING, AUGUSTI 2001

information

2001:2



Förord

I pålkommisionens rapportserie INFO finns möjligheter att med enkla medel för ut information till intresserade i pålbranschen. Ambitionen är att med minsta möjliga merarbete kunna publicera material vilket utgör underlag, diskussionsinlägg etc och vilket framtagits i samband med det mer omfattande arbetet med pålkommisionens ordinarie rapportserie. I INFO-serien finns naturligtvis möjlighet att även publicera information, vilken inte har något direkt samband med det ordinarie rapportarbetet. Så redovisas t ex den årliga pålstatistiken i INFO-serien.

Föreliggande rapport är identiskt med ett PM angående säkerhetsnivån i pålkommisionens rapport 98, *'Dimensioneringsanvisningar för slagna slanka stålpålar,'* framtagit i juni 1999. I samband med arbetet med den nämnda rapporten uppstod en diskussion i arbetsgruppen för rapporten huruvida det var relevant att kombinera partialkoefficienter för geoteknisk bärförmåga från BRO94 med lastkombinationer från BKR. Undertecknad utförde då på arbetsgruppens uppdrag en utredning av frågeställningen. Resultatet av denna analys redovisades i ovan nämnda PM. I detta PM diskuteras även det förslag till val av partialkoefficienter för geoteknisk bärförmåga, som redovisades i en preliminär version av rapport 98 (version 008, daterad 1999-05-25). De synpunkter, som då framfördes, har delvis inarbetats i den färdiga versionen av rapport 98.

Föreliggande rapport är identisk med ovan nämnda PM. Endast uppenbara språkliga felaktigheter har justerats. De hänvisningar, som görs i rapporten till normer etc, avser gällande versioner i juni 1999. Så avser t ex Eurocode 7 (EC7) förnormen ENV1997-1, daterad oktober 1994. I dag föreligger ett utkast till en slutgiltig Eurocode 7, EN 1997-1, vilken skiljer sig avsevärt från förnormen från 1994.

Göteborg i augusti 2001
Claes Alén

Innehåll

1	Syfte:	3
2	Beteckningar för g_R	3
3	Statistisk behandling av testresultat - Principer	4
4	Storlek på partialkoefficienten γ_R - Historik	4
5	Lastkoefficienten γ_S - Inverkan av variabel lastandel.	7
6	Diskussion av förslag till partialkoefficient för geoteknisk bärförmåga enligt 'Dimensioneringsanvisningar för slagna, slanka stålpålar enligt, version 008'	9

Syfte:

Det allmänna dimensioneringsvillkoret

$$R_d > S_d \quad (1)$$

kan med partialkoefficienter skrivas

$$\frac{R_k}{g_R} > g_S \cdot S_k \quad (2)$$

I föreliggande PM diskuteras och kommenteras storleken av partialkoefficienten γ_R utifrån den praxis som i viss mån har etablerats i Sverige under 90-talet. Framställningen är, i den mån det har betydelse för innehållet, begränsad till slagna, axialbelastade pålar. Vidare görs alla jämförelser enbart i säkerhetsklass 2 eftersom denna säkerhetsklass ofta betraktas som en standardklass i pålningssammanhang. (Det kan här vara på sin plats att kommentera att i de konsekvensberäkningar, som gjorts mellan svensk praxis och europanormer för andra konstruktionstyper i stål, betong & trä, har man istället valt säkerhetsklass 3 för relevanta jämförelser, jfr avsnittet 'NAD(S) -EC7', sid 6)

Beteckningar för γ_R

I pålgrundläggningshandboken används en uppdelning av γ_R enligt

$$R_d = \frac{R_k}{g_n \cdot g_{mp} \cdot g_{Rd}} \quad (3)$$

Dvs en uppdelning på säkerhetsnivå (säkerhetsklass), modellosäkerhet och 'naturliga' variationer. Det karakteristiska värdet är ambitionsmässigt 5%-fraktilen. I BRO 94 utökas denna relation till

$$R_d = \frac{R_k}{g_n \cdot g_{mp} \cdot g_{Rd}} = \frac{R_m}{g_{tot}} \quad (4)$$

R_m är här uppmätt medelvärde medan γ_{tot} är en 'total' partialkoefficient för bärförmågan (För att beräkna dimensionerande lasteffekt används ytterligare partialkoefficienter)

I Eurocode 7 används relationen

$$R_{cd} = \frac{R_{ck}}{g_t} = \frac{R_{cm}}{\alpha \cdot g_t} \quad (5)$$

Index c står här för tryckta, axialbelastade pÅlar. Den avgörande skillnaden mellan svensk praxis är att ingen hänsyn tas till olika säkerhetsklasser, dvs någon motsvarighet till γ_n finns inte. I de svenska tillämpningsbestämmelserna NAD(S) till förnormen av Eurocode 1- Basis of design, (ENV 1991-1), har dock införts säkerhetsklasser genom en partialkoefficient $g_d (\leq 1)$, vilken i detta fall införts på lastsidan.

Statistisk behandling av testresultat - Principer

Partialkoefficientformatet ges ofta en statistisk tolkning, dvs värden på partialkoefficienter skall spegla den osäkerhet man har om man gör en statistik utvärdering av provresultat. Om detta görs för t ex den geotekniska bärförmågan i ett pålningsprojekt, innebär det att man har att ange medelvärde och spridning för bärförmågan. Om man skall beräkna teoretiska partialkoefficienter måste man dessutom ange bärförmågens fördelningstyp. För att bestämma medelvärdet krävs ett relativt begränsat antal prov (~ 10 st) medan bestämning av spridningen erfordrar ett betydligt större antal (> 100 st). För praktiskt bruk innebär ovanstående att detta PM fortsättningsvis utgår från följande principer:

- Medelvärdet av bärförmågan bestäms projektspecifikt. Vid utvärdering tas hänsyn till fåtalsspridning.
- Spridningen kan inte bestämmas projektspecifikt utan baseras på förhandskunskap, dvs utifrån erfarenhet ifrån ett stort antal projekt.
- Osäkerheten kan delas upp i osäkerhet påle/jord och osäkerhet i provningsmetoden.
- Bärförmågan för pÅlar antages vara lognormalfördelad.

Storlek på partialkoefficienter α - Historik

Eurocode 7 - Förnorm

I det förslag till förnorm¹ till Eurocode 7 (ENV 1997-1), vilken i dag är gällande, anges värden på partialkoefficienten ξ för statisk provbelastning av en, två eller flera pÅlar. För dynamisk provbelastning finns inte motsvarande värden (stöt vågsmätning ses i förnormen huvudsakligen enbart som ett sett att göra integritetskontroll av pÅlar). Vid den svenska remissgranskningen ansågs det önskvärt att införa partialkoefficientvärden, vilka underlättade möjligheten att använda även dynamisk provbelastning som ett aktivt dimensioneringsförfarande. Vidare ville man även kunna kvantifiera den minskade osäkerheten som föreligger om man utför ett större antal tester än tre. Undertecknad tog fram ett förslag på lämpliga värden på partialkoefficienten ξ för dessa fall. Värdena togs fram som en 'teoretisk extrapolering' utifrån förutsättningen att de angivna värdena för statisk provbelastning skulle anses givna. Förfarandet i sig innebar alltså inget ställningstagande om säkerhetsnivån för pålning i allmänhet utan avsåg enbart att föreslå konkurrensneutrala värden för statisk resp. dynamisk provbelastning. Förutom värden att tillämpas på mätt medelvärde finns i såväl Eurocodens ursprungsvärden som i det svenska förslaget värden som skall tillämpas på lägsta mätt värde. Värden på dessa partialkoefficienter är i storleksordningen 0,85-0,9 av värdena för

¹ Att normen är förnorm innebär att den tillsammans med svenska tillämpningsbestämmelser NAD(S) får användas som alternativ till gällande svenska normer, t.ex BKR 94 eller BRO 94

mätt medelvärde. Som dimensionerande värde används sedan det lägsta värdet på den geotekniska bärförmågan, vilken erhålls med de två olika förfarandena. I Tabell 1 sammanfattas förslaget till värden på partialkoefficienten för alternativet medelvärden.

Antal provade pålar	1	2	3	4	6	10	20	∞
Statisk provbelastning								
ENV1997-1	1,5	1,35	1,3					
Teoretiskt (V=10%)		1,32	1,28	1,25	1,21	1,16	1,12	1,09
Förslag	1,5	1,35	1,3	1,25	1,2	1,15	1,1	
Dynamisk provbelastning								
Teoretisk (V=13%)		1,55	1,49	1,44	1,38	1,32	1,26	1,20
Förslag		1,6	1,5	1,45	1,35	1,3	1,25	
~teoretisk fraktil	99%	97%	95%	92%	85%	75	63%	50%

Tabell 1 Partialkoefficienten ξ i Eurocode 7. Ursprungliga värden + svenskt förslag till utökade värden

Den sista raden i tabellen kan behöva förklaras. Den återspeglar den hänsyn till fåtalsprovning som görs i förslaget. Provar vi tillräckligt många pålar kan vi betrakta det mätta medelvärdet som det 'sanna' medelvärdet. Provar vi bara en del pålar behöver det inte förhålla sig så, det mätta medelvärdet kan vara både högre eller lägre än det 'sanna' värdet. I värsta fall har vi mätt ett alldeles för högt värde och måste då kompensera med en större partialkoefficient. Den angivna fraktilen motsvarar i förslaget detta värsta fall

Kalibreringen av givna värden för statisk provbelastning gav som resultat att de väl motsvarar en lognormalfördelning med en variationskoefficienten på 10%. Värden för den dynamiska provbelastningen är baserade på ett antagande om en lognormalfördelning med V=13%. Dessa variationskoefficienter avser den totala osäkerheten inkl osäkerheten i provningsmetoden. Angivna värden avser dock enbart partialkoefficienten ξ . Om man gör en uppdelning av osäkerheten svarande mot de två partialkoefficienterna x resp g_i får man följande uppdelning av variationskoefficienten för $g_i=1,3$.

	$V_{\xi} \approx V_{mp}$	$V_{\gamma} \approx V_{Rd}$
$V_{tot}=10\%$	8,7%	5%
$V_{tot}=13\%$	10%	8,3%

Tabell 2 Uppdelning av variationskoefficienten i V_{ξ} resp V_{γ}

Att uttolla vilka osäkerheter de olika partialkoefficienterna motsvarar är inte helt lätt. En rimlig, men inte invändningsfri² tolkning är att x motsvarar osäkerheten påle/jord medan g_i motsvarar modellosäkerheten. Tabellen ger alltså en fingervisning om storleksordningen på de osäkerheter, som motsvarar förslaget. Den teoretiska uppdelningen är inte helt trivial. Förenklat kan dock sägas att variationskoefficienter (för oberoende osäkerheter) kan adderas enligt Pytagoras sats, dvs

$$V_{tot}^2 = V_x^2 + V_{g_i}^2 \quad (6)$$

² Osäkerheten påle/jord bör ju t ex inte påverkas av testmetoden

NAD(S) - EC7

I det svenska förslaget till tillämpningsbestämmelser till Eurocode 7 är ovanstående beskrivna förslag på partialkoefficienten x infört. Däremot är partialkoefficienten g_t sänkt från 1,3 till 1,2. Vidare måste man ha i åtanke att en partialkoefficient g_d införts på lastsidan. Denna är i säkerhetsklass 2 lika med 0,91. För att kunna göra rättvisa jämförelser för bärförmågan bör man multiplicera $\gamma_R = \xi \cdot \gamma_t$ med g_d , dvs göra jämförelser för $\gamma_R \cdot g_d = \xi \cdot \gamma_t \cdot g_d$. Detta innebär att den svenska NAD:en innebär en sänkt nivå jämfört med ENV 1997-1. För säkerhetsklass 2 har vi t ex $\xi \cdot g_t \cdot g_d = \xi \cdot 1,2 \cdot 0,91 = \xi \cdot 1,09$ jämfört med ENV:s $\xi \cdot \gamma_t = \xi \cdot 1,3$. Detta är dock förmodligen inte avsiktligt utan ett 'fel' som insmugits sig under resans gång. Från början föreslog man i NAD(S) till EC1 att man skulle ha värden $g_d = g_n \geq 1$, vilket innebar att man gjorde jämförelser med Eurocoden utifrån säkerhetsklass 1. Detta gav dock en mycket hög säkerhetsnivå varför man istället övergick till att göra jämförelser utifrån säkerhetsklass 3, $g_d \leq 1$. Denna senare ändring har förmodligen inte 'kommit' med i NAD(S)-EC7. Med $g_d = 1,1$ erhålls $\xi \cdot g_t \cdot g_d = \xi \cdot 1,2 \cdot 1,1 = \xi \cdot 1,32$, dvs en marginell höjning jämfört med ENV1997-1.

En avvikelse mellan ENV-förslaget och NAD:en är att man i den senare föreskriver att värdena för dynamisk provning enbart skall avse spetsburna pålar i friktionsjord medan värdena för statisk provning i Eurocode 7 även skall tillämpas för spetsburna pålar på berg eller mantelburna pålar oavsett provningsmetod.

BRO 94

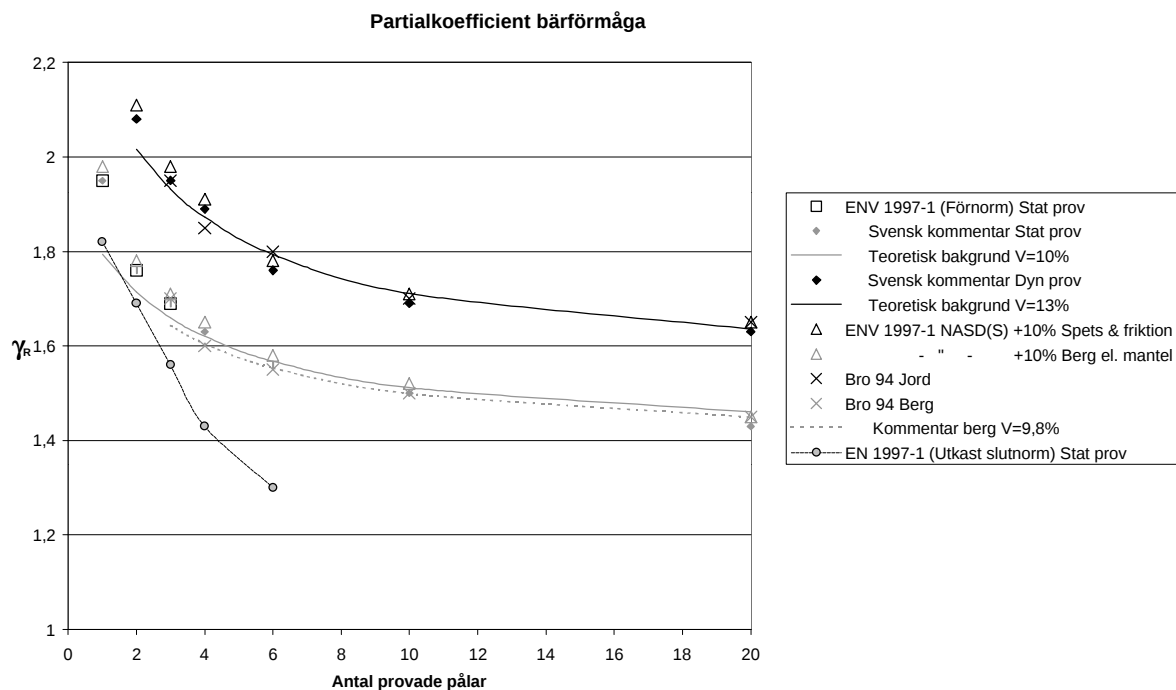
I BRO94 föreskrivs värden på partialkoefficienten g_{tot} , vilka i säkerhetsklass 2 mycket nära ansluter till ovan beskrivna förslag för produkten $= \xi \cdot \gamma_t$ i EC7. Värden i Eurocode för statisk provning föreskrivs i BRO94 för bergpålar medan värden för dynamisk provning föreskrivs för jordpålar. Vidare sägs att ett enskilt värde skall vara minst 0,85 gånger uppmätt medelvärde.

Eurocode 7 - Utkast till slutgiltig version

I det utkast till slutgiltig europanorm, som nu föreligger har hänsyn till ökat antal pålar införts. De angivna värdena skiljer sig markant från det svenska förslag för vilket redogjorts ovan. Utkastet är dock bara ett arbetsdokument i vilket man kan förvänta sig stora förändringar efterhand. Vidare gäller att man kan införa nationella avvikelser vad gäller partialkoefficienternas storlek även i ett fastställt slutdokument.

Sammanfattning Eurocode och BRO 94

I Figur 1 sammanfattas de ovan beskrivna föreslagen till partialkoefficient för den geotekniska bärförmågan som funktion av antalet mätta pålar. Det kan vara värt att nämna att inverkan av ett ökat antal mätta pålar i detta fall enbart avser att minska osäkerheten mht till fåtalsprovning. I många fall kan det vara skäl till att utnyttja stötvågsmätning för integritetskontroll. Antalet pålar, vilka måste mätas, styrs i ett sådant fall av helt andra faktorer; tidigare erfarenhet av påltypen i aktuella jordförhållanden, pålbarheten, möjligheten att på annan sätt dokumenetera pålens kondition efter installation etc. Detta kan medföra att ett större antal pålar bör mätas än vad en teoretisk beräkning utifrån partialkoefficienter ger.



Figur 1 Partialkoefficient γ_R för geoteknisk bärförmåga enligt Eurocode 7 och BRO 94

Lastkoefficienten g_S - Inverkan av variabel lastandel.

I föregående avsnitt har redogjorts för de principer som ligger till grund för partialkoefficienten för bärförmågan. Den totala säkerhetsnivån styrs dock av produkten $g_R \cdot g_S$, jämför Ekvation 2.

Förenklat uttryckt kan sägas att lasten utgörs av en permanent och en variabel lastandel. Den variabla lasten kan i sin tur delas upp i delar med olika ursprung. I partialkoefficientformatet får lasten det principiella utseendet³:

$$S_d = g_G \cdot G_k + g_Q \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} y_i \cdot Q_{k,i} \quad (7)$$

Om total karakteristisk last sätts till 1 kan dimensionerande last skrivas⁴

$$s_d = g_G \cdot (1-a) + [g_Q \cdot h + y \cdot (1-h)] \cdot a \quad (8)$$

där a är andelen variabel last av total karakteristisk last och h är andelen huvudlast, dvs $Q_{k,1}$ av den variabla lasten.

³ I detta sammanhang behöver man inte skilja på last och lasteffekt.

⁴ Utseendet är endast principiellt men kan variera något mellan olika normer

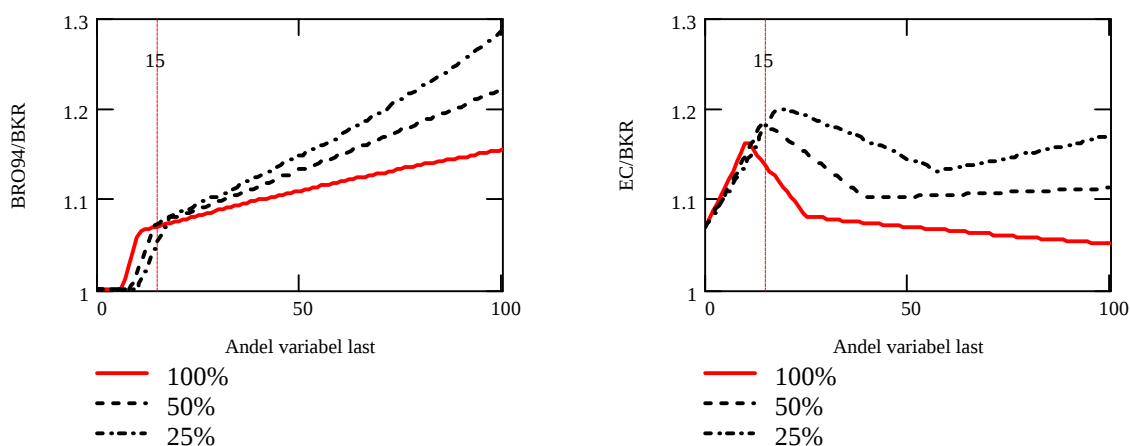
Ett flertal olika lastkombinationer skall beaktas men i brottgränstillstånd kan schematiskt sägas att det är två olika fall som skall undersökas

- Variabel last är dominerande
 - BKR - lastkombination 1
 - BRO 94 - lastkombination IV:A
 - Eurocode 1 - Ekv 9.10b
- Permanent last är dominerade
 - BKR - lastkombination 3
 - BRO 94 - lastkombination IV:B
 - Eurocode 1 - Ekv 9.10a

Att jämföra de tre olika normerna är inte helt trivialt eftersom partialkoefficienternas storleken, inverkan av variabel lastandel mm varierar rätt kraftigt. I Figur 2 sammanfattas en jämförelse för de tre normerna enligt den principiella beskrivningen enligt Ekvation 8. Jämförelsen avser säkerhetsklass 2, vilket innebär att lastvärden enligt Eurocode har multiplicerats med $\gamma_d=0,91$. I övrigt bygger den på följande förutsättningar:

- BKR
 - Lastkombination 1 $g_Q=1,3$ $\gamma_G=1,0$ $\psi=0,5$
 - Lastkombination 3 $\gamma_G=1,15$
- BRO94
 - Lastkombination IV:A $g_Q=1,5$ $\gamma_G=1,05$ $\psi=0,7$
 - Lastkombination IV:B $\gamma_G=1,15$
- EC7-NAD(S)
 - Lastkombination 10b $g_Q=1,5$ $\gamma_G=1,35 \cdot 0,89$ $\psi=0,7$ $\gamma_d=0,91$
 - Lastkombination 10a $g_Q=1,5 \cdot 0,7$ $\gamma_G=1,35$ $\psi=0,7$ $\gamma_d=0,91$

Andelen variabel last, a , varierar mellan 0-100%. Dominerade lastandel av variabel last, h , är undersökt för tre fall; 100%, 50% och 25%.



Figur 2 Dimensionerande lasteffekt i BRO 94 resp Eurocode 7-NAD(S) jämfört med BKR.

Generellt kan konstateras att nominell dimensionerande last i BKR blir mindre än i såväl BRO94 som Eurocode 7 för samma storlek på den karakteristiska lasten.

Diskussion av förslag till partialkoefficient för geoteknisk bärförmåga enligt 'Dimensioneringsanvisningar för slagna, slanka stålplårenligt, version 008'

Principer

Vid bedömning av pålars bärförmåga utifrån en provbelastning av ett antal pålar har man att ta hänsyn till

- Osäkerheter i systemet påle/jord
- Osäkerheter i provningsmetoden

Storleken av dessa osäkerheter bör avspeglas i valet av dimensionerande bärförmåga. Detta kan göras genom en kombination av två olika sätt

- Vid bestämningen av karakteristisk bärförmåga
- Genom värdet på aktuella partialkoefficienter

Om karakteristiskt värde väljs som mätt medelvärde måste osäkerheten beskrivas genom värdet på aktuella partialkoefficienter. Detta är det förfarande som ofta används i kombination med BKR⁵. Förfarandet måste då kombineras med varierande värden på aktuella partialkoefficienter. I EC7 liksom i NAD(S) till EC7 föreskrivs ett annorlunda förfarande. Osäkerheter, vilka varierar från projekt till projekt hanteras genom valet av karakteristiskt värden medan 'konstanta' osäkerheter hanteras med fasta värden på partialkoefficienter. Detta är för övrigt den princip, vilken har tillämpats sedan lång tid för andra konstruktionsämnen som stål och betong. Vid det aktuella problemet med att bestämma dimensionerande bärförmåga genom provbelastning av ett antal pålar är det enbart en akademisk fråga vilket betraktelsesätt man väljer eftersom resultatet ändå blir att man kan skriva bärförmågan utifrån ett mätt medelvärde (jämför Ekvation 4 och 5) som:

$$R_d = \frac{R_m}{g_R} \quad (9)$$

Ett enkelt och praktiskt sätt att hantera de olika osäkerheterna är att göra en uppdelning i mätta och omätta pålar⁶:

- För mätta pålar behöver man i princip bara ta hänsyn till osäkerheten i provningsmetoden. Om man testat ett mycket stort antal pålar föreligger inga osäkerheter vad avser det sanna medelvärdet annat än eventuella systematiska avvikelser i provningsmetoden. För en mätt påle bör man därför, på säkra sidan⁷, kunna använda partialkoefficienten för ett oändligt antal pålar. Slumpmässiga variationer i provningsmetoden innebär dock att det mätta värdet kan vara 'felaktigt'. Detta kan man ta hänsyn till genom att för en enskild påle använda det minsta värdet av mätt enskilt värde och mätt medelvärde.
- För icke mätta pålar har man ingen bättre uppskattning än det mätta medelvärdet. Hänsyn till fåtalsprovning får man genom att använda partialkoefficienten för aktuellt antal mätta pålar.

I BRO 94 liksom i den aktuella pålkommissionsrapporten står att ett enskilt mätt värde inte får vara lägre än 0,85 gånger mätt medelvärde. Vad innebär denna formulering om man

⁵ Att medelvärdet för en materialegenskap är lika med det *mätta* medelvärdet är dock inte något som står i BKR

⁶ Beskrivningen nedan bygger i princip på ett förslag till policy från Vägverket i Borlänge, vilken nyligen applicerats i ett aktuellt projekt.

⁷ Denna partialkoefficient inbegriper ju även hänsyn till slumpmässiga variationer i jorden, jämför Tabell 2

faktiskt mäter upp ett enskilt värde som är lägre? Får man inte utnyttja pålarna då? En rimligare skrivelse vore att man inte får tillgodoräkna sig ett högre medelvärde än minvärdet/0,85.

Andel mätta pålar/antal mätta pålar

Förslaget i pålkommissionsrapporten på partialkoefficienten g_{tot} bygger på principen att partialkoefficientens storlek skall vara beroende av andelen provade pålar, dvs en helt annan princip än att storleken är beroende av antalet provade pålar. Det är svårt att tänka sig att osäkerheten rörande den geotekniska bärförmågan skulle vara mindre om man provar 5 st pålar i ett kontrollobjekt om 20 st pålar än om man provar 5 st pålar i ett kontrollobjekt om 100 st pålar. Däremot minskar naturligtvis osäkerheten om man provar 25 st pålar i det senare projektet. Utan att veta det bakomliggande resonemanget kan man gissa att i storleken på partialkoefficienten även förts in ett resonemang kring integritetsskontroll av pålarna. De säkerhetsnivåer, som innefattas i de framtagna värdena på partialkoefficienter är dock så pass låga att de förutsätter att man, för att erhålla avsedd säkerhetsnivå, är förvissad om integriteten av i princip alla pålar. Hur visshet om detta skall erhållas i ett specifikt projekt kan alltid diskuteras. Uppenbart är dock att ett sådant förfarande måste vila på kunskap och beprövad erfarenhet från tidigare projekt. Detta kan rimligen inbegripa betydligt fler alternativa kontrollåtgärder än enbart provbelastning av ett antal pålar.

Hur många och vilka pålar bör mätas?

Utifrån ovanstående diskussion kan man särskilja tre principer för urval av mätning av pålar.

- Pålarna skall utgöra ett representativt urval.
- Hårt utnyttjade pålar bör provas
- 'Misstänkta' pålar bör provas.

Med 'misstänkta' pålar avses i detta fall både pålar, vilka utifrån grundundersökningen etc kan förväntas ha lägre geoteknisk bärförmåga än övriga samt pålar vilka utifrån observationer i samband med slagningen kan förväntas ha låg bärförmåga. Den första principen är en förutsättning för att det statistiska resonemanget kring kalibrering av partialkoefficienter skall vara giltigt. Den andra principen är intuitivt självklar. Den innebär även att det blir lättare att verifiera en pålgrupp vid kontrollberäkning om man kan använda en lägre partialkoefficient på mätta pålar jämfört med omätta pålar. Den tredje principen är naturligtvis en viktig princip i syfte att skaffa sig visshet om att samtliga pålar är acceptabla.

De tre principerna är delvis motstridiga. De mest belastade pålarna utgör normalt inget representativt urval. 'Misstänkta' pålar är definitivt inget representativt urval men förmodligen ett urval på säkra sidan. En kombination av ovanstående principer kanske innebär att man väljer att prova ett större antal pålar än vad som ges enbart av kvantifierade krav i en norm. I gengäld kan man förvänta sig att ett ökat antal provade pålar betalar sig genom en minskad osäkerhet och därmed möjlighet till högre utnyttjande. En fjärde princip, som är svår att motivera utifrån ett principiellt resonemang men som är frestande att använda, är att man väljer att prova lättåtkomliga pålar.

Inverkan av dimensionerande lasteffekt

Jämförelser av olika normer enligt Figur 2 implicerar att man vid tillämpning av BKR jämfört med BRO 94 bör höja partialkoefficienten för den geotekniska bärförmågan med 10-20% för att erhålla samma formella säkerhetsnivå. Det är dock inte självklart att nivån formellt skall

vara lika i BKR som i BRO 94. För t ex betong- eller stålkonstruktioner använder man samma materialfaktorer i BKR som i BRO 94 oberoende av olika lastfaktorer i de två normerna. Detta innebär antingen att BRO 94 medför en högre säkerhetsnivå än BKR eller att osäkerheten i lasten normalt är större för BRO94-konstruktioner jämfört med BKR-konstruktioner. Svaret på detta är dock inte något som behöver besvaras i en pålkommissionsrapport utan är en allmän frågeställning för de två normerna.

Sammanfattning - förslag

- De i BRO 94 angivna värdena för g_{tot} och jordpålar bör i princip kunna användas även i kombination med BKR 94.
- Huruvida det är rimligt att använda värden, vilka ursprungligen togs fram för statisk provbelastning även för dynamisk provbelastning av pålar på berg kan jag inte bedöma.
- Det är svårt att teoretiskt motivera att partialkoefficienter bestäms av andelen provade pålar istället för av antalet provade pålar.
- Olika principer/regler för provade resp ej provade pålar bör formuleras klart.
- För att kunna utnyttja mätvärden för provade pålar även för icke provade pålar är det viktigt att de provade pålarna utgör ett representativt urval (eller ett urval på säkra sidan).
- Verifiering (av geoteknisk bärförmåga) genom provning och (integritets)kontroll bör behandlas som två separata aktiviteter, jfr BKR 2.3 och 2.6.
- Fler faktorer än enbart verifiering av geoteknisk bärförmåga bör styra urval och antal av provade pålar.