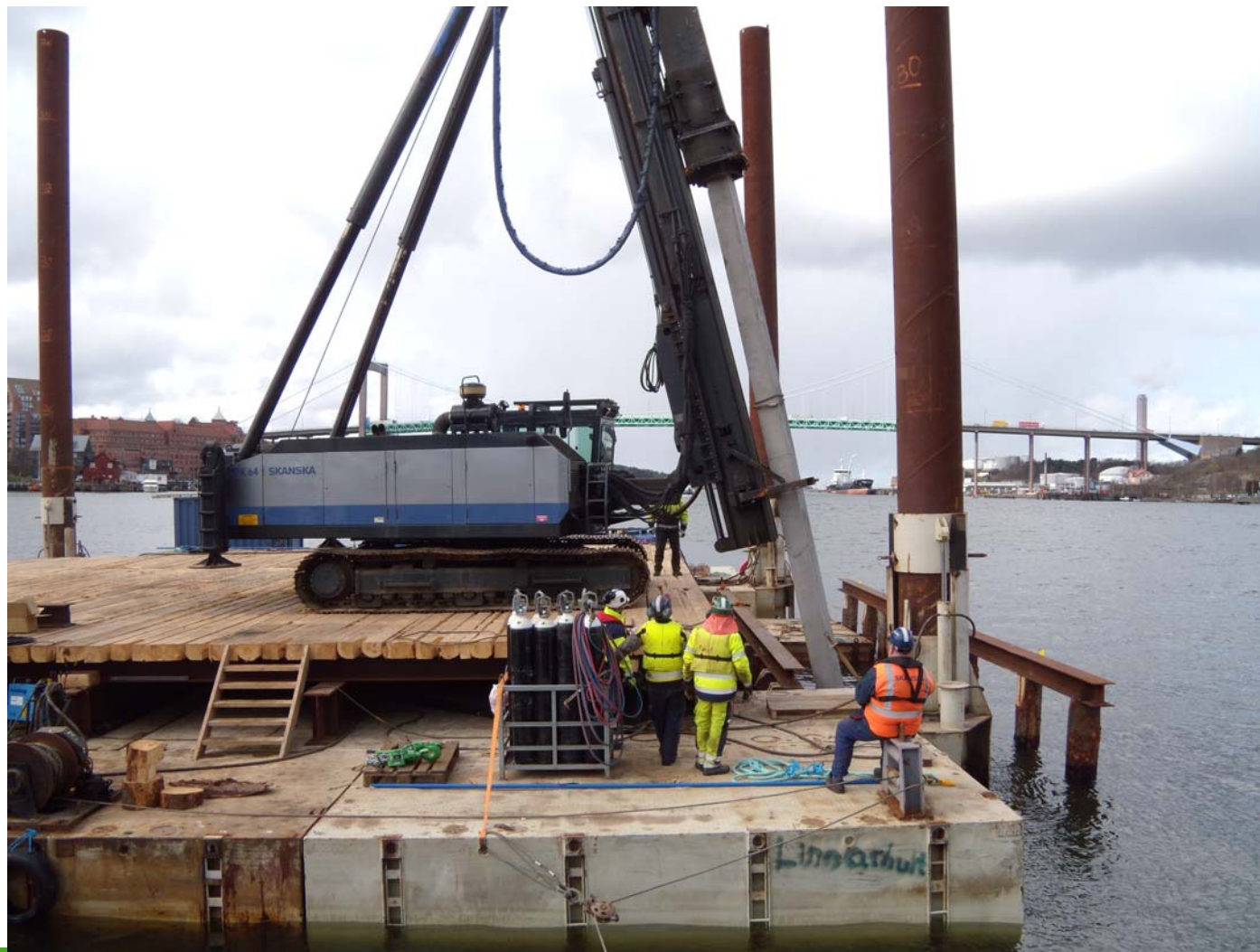


Dimensionering av pålar enligt Eurokod



Gunnar Holmberg
Skanska Sverige AB

Påldagen 2011-05-12

Disposition

- Eurokod - allmänt
- Pålningbegrepp
- Lastkapacitet
 - Stålpålar
 - Betongpålar
- Sammanfattning

Våra 10 Eurokoder

- SS-EN-1990, Eurokod 0: Grundläggande dimensioneringsregler
- SS-EN-1991, Eurokod 1: Laster på bärande konstruktioner
- SS-EN-1992, Eurokod 2: Dimensionering av betongkonstruktioner
- SS-EN-1993, Eurokod 3: Dimensionering av stålkonstruktioner
- SS-EN-1994, Eurokod 4: Dimensionering av samverkanskonstruktioner i stål och betong
- SS-EN-1995, Eurokod 5: Dimensionering av träkonstruktioner
- SS-EN-1996, Eurokod 6: Dimensionering av murverkskonstruktioner
- SS-EN-1997, Eurokod 7: Dimensionering av geokonstruktioner
- SS-EN-1998, Eurokod 8: Dimensionering av bärverk med avseende på jordbävning
- SS-EN-1999, Eurokod 9: Dimensionering av aluminiumkonstruktioner

Nationella bilagor

- Vägverket: VVFS 2004:43 Grundläggande dimensioneringsregler
- Boverket: BFS 2008:8

Övriga dokument som styr pålning enligt Eurokod

Utförandestandarder

- SS-EN 1536 Grävpålar
- SS-EN 12699 Massundanträngande pålar
- SS-EN 14199 Mikropålar

Tillverkningsstandarder

- SS-EN 12794 Förtillverkade betongprodukter - Betongpålar

Tillämpningsdokument

- TK Geo
- TK Bro
- TD Grunder IEG Rapport 2:2008
- TD Pålgrundläggning IEG Rapport 8:2008
- Pålkommissionens rapporter, Rapport 81, 84a och 96:1 är under bearbetning

Dimensionering i olika gränstillstånd i brottgränstillstånd

- Konstruktiv bärförmåga STR
- Geoteknisk bärförmåga GEO
- Upptäckning/uppdragning UPL

Dimensioneringsätt DA

Partialkoefficienter kombineras i olika dimensioneringsätt, DA1-DA3:

A + M + R

A Action (lasteffekt)

M Material

R Resistance (bärförmåga)

Svenskt val av DA för pålgrundläggning (i SS-EN 1997-1, bilaga NA, 2.4.7.3.4.1)

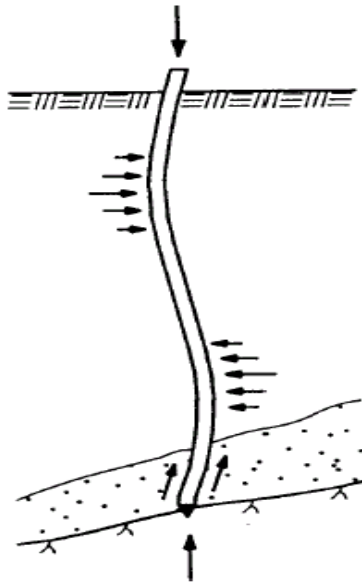
- Geoteknisk dimensionering, GEO och UPL:
DA2, partialkoefficienter på last och bärförmåga
- Konstruktiv dimensionering, STR:
DA3, partialkoefficienter på last och materialegenskap

Dimensionering av geokonstruktioner kan utföras genom:

- Beräkning
- Provbelastning och modellförsök
- Hävdvunna åtgärder (baserade på erfarenhet)
- Observationsmetoden (aktiv design)

Lastkapacitet - STR

Pålningsbegrepp



Lasteffekt: Laster som angriper en påle i respektive gränstillstånd.

Lastkapacitet: Konstruktiv bärförmåga för pålen inklusive skarv och bergsko.

Gränstillstånd STR - Dimensionering DA3

Geoteknisk bärförmåga: Den största kraft som pålen kan överföra till omgivande jord eller berg utan att det uppstår brott i jord eller berg.

Gränstillstånd GEO – Dimensionering DA2

En påles bärförmåga – minsta av lastkapacitet och geoteknisk bärförmåga

Lastkapacitet (STR)

Dimensioneringsanvisningar för axialbelastade pålar

- Pålkommisionen, Rapport 96:1
- Pålkommisionen, Rapport 84a
- Pålkommisionen, Rapport 81

Analytisk beräkningsmodell i rapporterna är giltiga även vid dimensionering enligt Eurokod

Rapporterna kompletteras med supplement för dimensionering enligt Eurokod, publiceras inom kort

Lastkapacitet (STR)

Rapport 84a

Initialkrokig påle

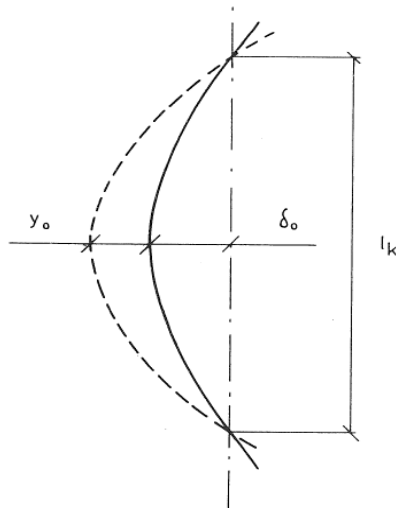


Fig. 5. Antagen initialutböjning vid analytisk beräkningsmetod.

l_k = påles elastiska knäcklängd i jord
 d_0 = påles initialkrokighet
 y_0 = påles tillskottsutböjning vi

Tillskottsutböjning vid pålastning

Konstruktiv bärförmåga - STR

Rapport 84a

- ekvivalent bäddmodul när gränstrycket överskrids

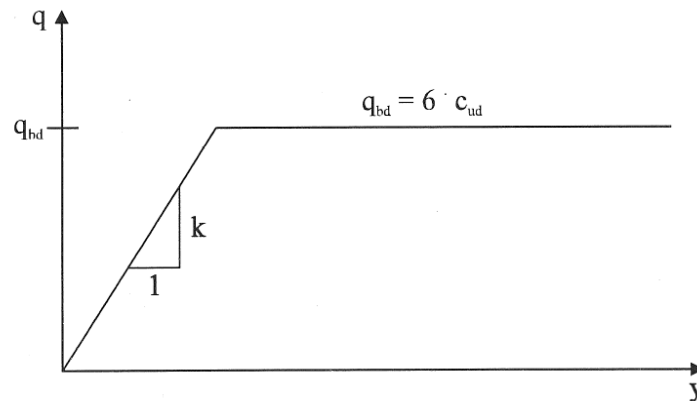


Fig. 6. Jordmotståndets variation med tillskottsutböjningen.

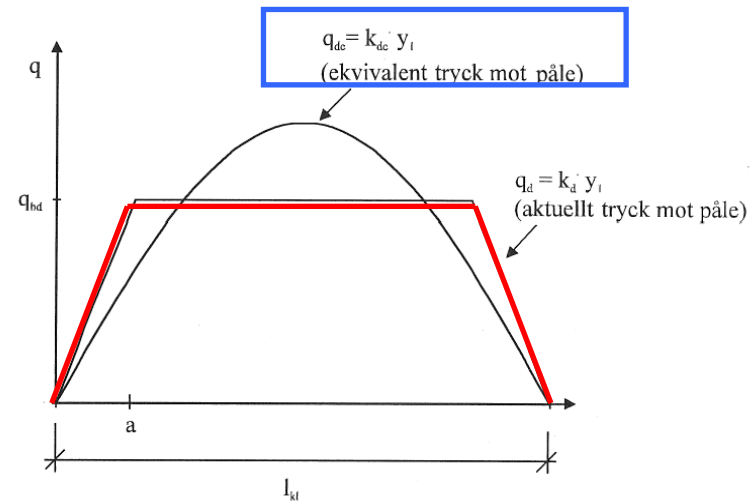


Fig. 7. Fördelning av krafterna mellan påle och jord.

Plasticering av jorden \longrightarrow Reducerad ekvivalent bäddmodul

Lastkapacitet (STR)

Rapport 84a

Ekvivalent bäddmodul

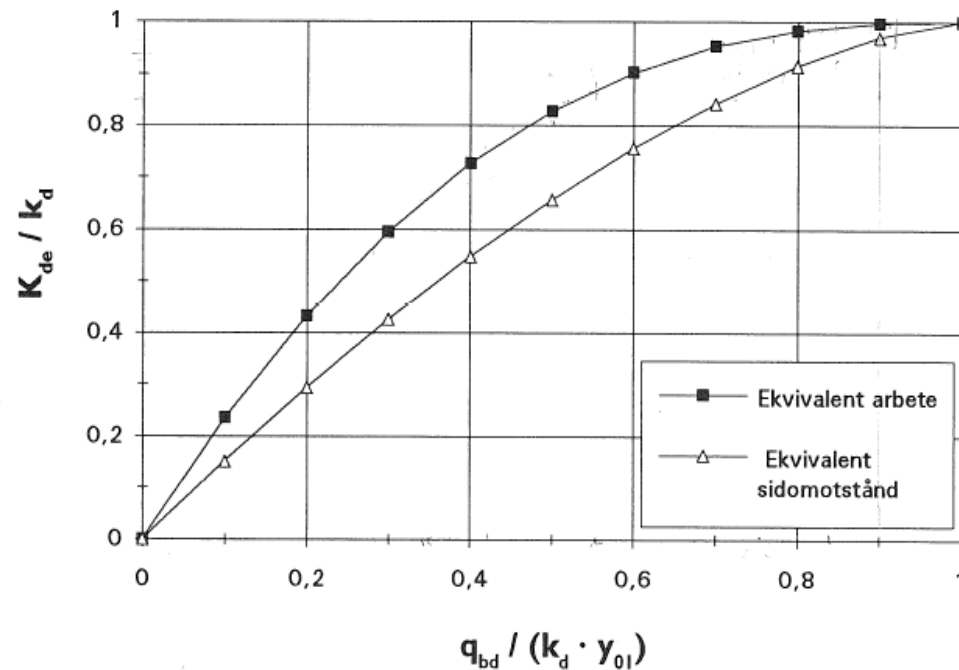


Fig. 8. Samband mellan $q_{bd}/(k_d \cdot y_{01})$ och reducerad bäddmodul

Lastkapacitet (STR)

Rapport 84a, Rapport 81

Styrande ekvationer:

Pålens teoretiska knäcklängd kan beräknas enligt

$$l_k = \pi \cdot \sqrt[4]{E_d \cdot I / (k_d \cdot d)} \quad (43)$$

Samband mellan axiallasten P och tillskottsutböjningen y_0 enligt Rapport 81 ekv 3.4:

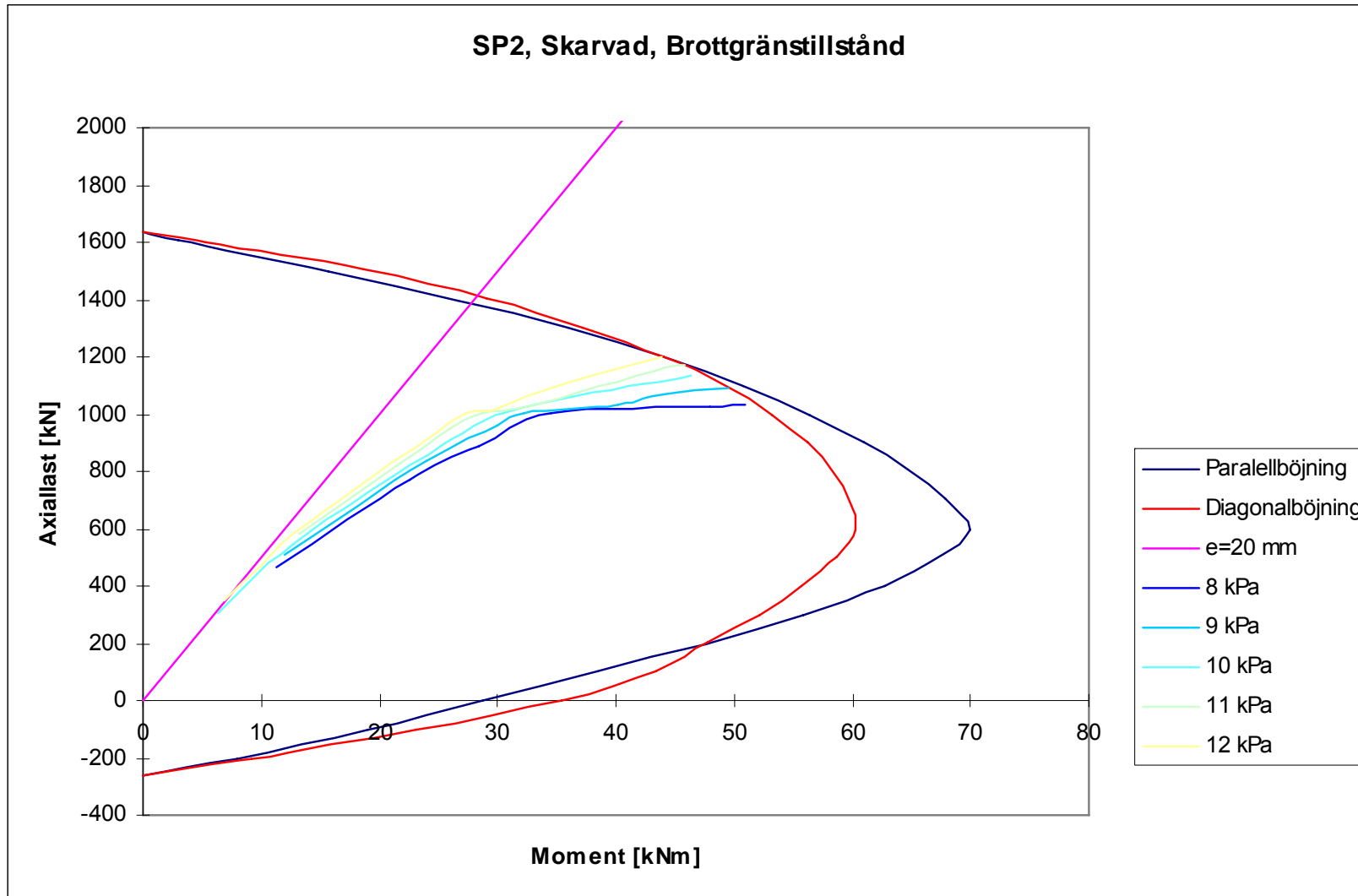
$$P_k = 2 \cdot \sqrt{k_d \cdot d \cdot EI} \cdot \Phi(y_0) \cdot \frac{1}{1 + \frac{\delta_0}{y_0}}$$

$$M = \frac{0.5 \cdot P \cdot \delta}{1 - \frac{P}{P_k}} \quad (39)$$

Samband mellan moment och axiallast enligt Rapport 81 sid 46:

$$M = P \cdot \frac{\delta_0 + y_0}{2}$$

Lastkapacitet (STR)



Lastkapacitet (STR)

Generella förändringar i Eurokod i förhållande till BKR

- Säkerhetsklassen påverkar lasten i stället för materialegenskap eller bärförmåga
- Lastkapacitet dimensioneras i STR och DA3 medan geoteknisk bärförmåga dimensioneras i GEO och DA2 (olika lastnedräkning)
- Fast partialkoefficient 1,5 på jordens hållfasthet
- Högre partialkoefficienter vid bestämning av lasteffekten, egentygnd 1,35 och rörlig last 1,5
- Jordens hållfasthet kopplas till aktuell geokonstruktion vid bestämning av dimensionerade värde

Lastkapacitet – (STR)

Geokonstruktionens dimensionerande värde

För dimensionering av konstruktiv bärförmåga ska geokonstruktionens dimensionerande värde X_d väljas enligt TD Grunder, kap 9.2.

När ett lågt värde är ogynnsamt:

$$X_d = \frac{1}{\gamma_M} * \eta * \bar{X}$$

När ett högt värde är ogynnsamt:

$$X_d = \gamma_M * \frac{1}{\eta} * \bar{X}$$

Där

γ_M partialkoefficient för materialparametrar

X stickprovens medelvärde baserat på härledda värden

η faktor som ska bl. a ta hänsyn till variationen för aktuell egenskap, provningsomfattning osäkerhet i beräkningsmodellen, provningens/undersökningens, volymsberoende och brottmekanism

Lastkapacitet – (STR)

Stålpålar

- Egenspanningar ska beaktas enligt SS-EN 1993-1-1, kan hanteras enligt Pålkommision rapport 96:1
- Initialkrokighet hanteras på samma sätt som tidigare med bidrag från pålelement och skarvar
- Installationens inverkan beaktas genom reduktion av stålets hållfasthet
- Korrosion, värden på rostmån angivna i SS-EN 1993-5 är för låga för svenska förhållanden. Pålkommisionens rapporter 93, 98 och 105 ger bättre vägledning.

Lastkapacitet – STR - Stålpålar

Jämförelse mellan Eurokode och BKR

- Pålens böjstyvhet är densamma i Eurokod och BKR
- Dimensionerande rostmån enligt Eurokod 5 är mindre än vad vi dimensionerat för tidigare (bör skärpas i nationella valet)
- Partialkoefficienten på sidomotståndet ska sättas till 1,5 i brottgränstillstånd att jämföras med 1,6-2,0 enligt BKR ger generellt något högre lastkapacitet, slår dock lite olika beroende på möjligheten att reducera värdet i BKR och på nytt sätt att ta fram dimensionerande värde enligt Eurokod.
- Partialkoefficienten på sidomotståndet ska sättas till 1,0 i bruksgränstillstånd vilket ökar lastkapaciteten enligt Eurokod avsevärt jämfört med BKR.
- Lastkapaciteten för pålelementen ökar mer än för bergskorna. Bergskorna kommer därför vid behov att modifieras.

Lastkapacitet – STR - Betongpålar

Böjstyvhet enl BBK 04

BBK 04

För sprucken tvärsnitt:
Största värdet av

$$EI = \frac{0.2 \cdot E_{cd} \cdot I_c}{1 + \phi_{eff}} + E_s \cdot I_s$$

$$EI = \frac{0.4 \cdot E_{cd} \cdot I_c}{1 \cdot \phi_{eff}}$$

Nominell styvhet enl. SS-EN 1992

SS-EN 1992

$$EI = K_c \cdot E_{cd} \cdot I_c + K_s \cdot E_s \cdot I_s$$

$$\text{Om } \rho \geq 0,002$$

$$K_s = 1$$

$$K_c = \frac{k_1 \cdot k_2}{1 + \phi_{eff}}$$

OBS! Reduceras mht
slagningens inverkan = $\mu_c \cdot f_{ck}$

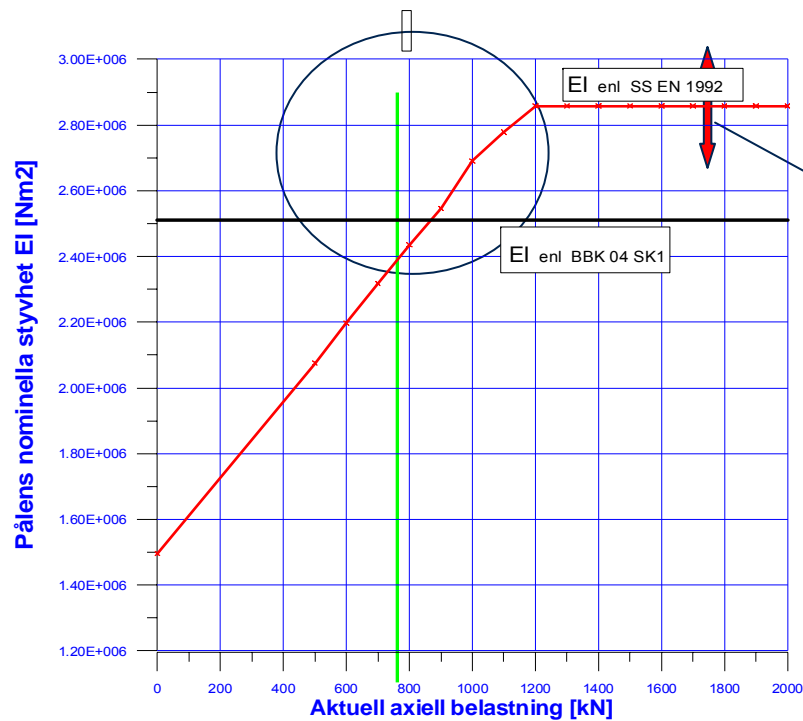
$$k_1 = \sqrt{\frac{f_{ck}}{20}}$$

$$k_2 = \frac{N_{ed}}{A_c \cdot f_{cd}} \cdot \frac{\lambda}{170} \leq 0,2$$

- EI varierar beroende av aktuell axiell belastning
- EI varierar beroende av pålens slankhet (beror av pålens knäcklängd)

Konstruktiv bärförmåga - STR

Jämförelse av böjstyvhet enligt BBK04 och nominell styvhet enligt SS-EN 1992 (sprucken sektion)



Upp till ca 15% högre styvhet

Förutsättningar:

Påle SP2

Btg C45/55

$\mu_c = 0,8$

$\varphi_{eff} = 1,6$

Lastkapacitet – (STR)

Betongpålar

- Initialkrokighet hanteras på samma sätt som tidigare med bidrag från pålelement och skarvar
- Installationens inverkan beaktas genom reduktion av hållfastheten på betong och armering
- Ändrat beräkningssätt av pålens styvhet för betongpålar (nominell styvhet) mht krypning och uppsprickning av betong

Konstruktiv bärförmåga - STR

Jämförelse mellan Eurokod och BKR

Betongpålar:

- Med handberäkning med nominell styvhet ökar lastkapaciteten något för samma dimensionerande värde på sidomotståndet
- I bruksgränstillståndet ökar lastkapaciteten enligt Eurokod för samma dimensionerande värde på sidomotståndet. Dessutom ska partialkoefficienten på sidomotståndet sättas till 1,0 i bruksgränstillstånd vilket ytterligare ökar lastkapaciteten.
- Eftersom bruksgränstillståndet är dimensionerande för pålar med en stor andel långtidslast kommer pålar till huskonstruktioner att kunna utnyttjas till högre laster enligt Eurocode.
- Lastkapaciteten för pålelementen ökar mer än för bergskorna. Bergskorna kommer därför vid behov att modifieras.

Konstruktiv bärförmåga - STR

Sammanfattning

- Nuvarande beräkningsmodell beskriven i Pålkommissionens rapporter kan användas för dimensionering av pålar enligt Eurokod. Supplement till rapport 81, 84a och 96:1 på gång
- Lastkapaciteten är högre enligt Eurokod än enligt BKR för både stålpålar och betongpålar
- Bergskorna kan komma att behöva modifieras för att matcha pålarnas lastkapacitet
- Lasteffekten ökar vid dimensionering enligt Eurokod
- Dubbla lastnedräkningar för pålar (olika lasteffekt i STR och GEO)

Tack för uppmärksamheten

