



Svenska Geotekniska Föreningen
Swedish Geotechnical Society

SGF Notat 4:2005

**Karakteristiskt värde -
Utredning kring riktlinjer hur vi skall
tillämpa Eurokod (EN 1997-1 och EN 1997-2)**

SGF:s Jordförstärkningskommitté

Göteborg 2005

Förord

Eurokoden kommer inom de närmaste åren att införas i Sverige och för geoteknikerna innebär det en del förändringar. En frågeställning som ofta diskuteras i detta sammanhang är partialkoefficienter, deras värde, möjligheter och begränsningar. En annan frågeställning, som ofta kommer i skymundan, är hur man väljer det karakteristiska värdet, även om detta borde vara minst lika viktigt som partialkoefficienterna.

Eurokod kan tolkas och tillämpas på olika sätt. Detta gäller även avsnittet om hur man skall välja karakteristisk indata, vilket skulle kunna innebära att man får helt olika resultat (konstruktioner) beroende på vem som har gör tolkningen. För att undvika detta bör hela svenska geoteknikbranschen försöka komma överens om hur vi i Sverige anser att man skall tolka Eurokodens avsnitt avseende karakteristisk indata.

På initiativ av Jordförstärkningskommittén har Claes Alén, SGI/Chalmers i en förstudie till detta projekt genomfört en sammanställning över hur man valt karakteristiskt värde tidigare, vilken praxis som gäller idag och hur man enligt kommande Eurokod skall välja karakteristiskt värde. Resultatet från förstudien visade att beroende på hur vi tolkar Eurokoden, kan vi få ett helt annat sätt att välja karakteristisk indata jämfört med den praxis som vi har i dag.

I projektet ”karakteristiskt värde” har ett underlag tagits fram för hur man skall välja karakteristiska indata enligt Eurokod. Detta har framförallt tagits fram genom diskussioner inom expert-, styr- och projektgruppen och vid seminarier med SGF:s medlemmar. Rapporten kan därför ses som ett tungt inlägg inför det fortsatta arbetet med implementeringen av Eurokoder inom IEG (Implementeringskommission för Europastandarder inom Geotekniken).

En avsikt med Notate är även att höja medvetenheten bland SGF:s medlemmar om den förändring som är på gång och förankra förslaget till vägledning för val av karakteristisk indata i branschen.

I rapporten har diskussionerna begränsats till metodiken för valet av karakteristiskt värde. Konstruktionens säkerhetsnivå beror förutom på hur man valt det karakteristiska värdet också på hur man valt värdet på partialkoefficienterna. Denna koppling är viktig att studera och kommer att utredas vidare i andra forum.

I projektet har följande personer medverkat

Gunilla Franzén, Carl Bro AB / Ramböll Sverige AB (Projektgrupp sättningar, Projektledare)

Magnus Ruin, Hercules/Teroc (Projektgrupp, exempel spont)

Stefan Larsson, Tyréns (Projektgrupp, exempel pålar)

Lars Johansson, SGI/Ramböll Sverige AB (Projektgrupp, exempel släntstabilitet)

Claes Alén, SGI/Chalmers (Expertgrupp)

Leif Jendeby, Vägverket (Expertgrupp)

Gunnar Holmgren, Skanska (Expertgrupp)

Ingrid Södergren, Banverket (Expertgrupp)

SGF:s Jordförstärkningskommitté har varit styrgrupp till projektet.

Innehållsförteckning

| | |
|---------------|---|
| Förord | |
| 1. | Inledning..... 1 |
| 2. | Historik..... 1 |
| 3. | Val av karakteristiskt värde..... 3 |
| 3.1. | Val av karakteristiskt värde enligt dagens praxis.....3 |
| 3.2. | Val av karakteristiskt värde enligt Eurokod - förslag till metodik..... 3 |
| 3.2.1. | Från mätvärden till härledda värden.....4 |
| 3.2.2. | Från karakteristiskt värde till dimensionerande värde..... 7 |
| 4. | Försök till svar på några relevanta frågor..... 7 |
| 4.1. | Vad innebär den engelska formuleringen ”Cautious estimate”..... 7 |
| 4.2. | Hur väljer man karakteristiskt värde - ingenjörsmässigt synsätt?..... 8 |
| 4.3. | Hur väljer man karakteristiskt värde - statistiskt synsätt?..... 9 |
| 4.4. | Hur väljer man karakteristiskt värde baserat på tabellvärden 11 |
| 4.5. | Hur tillämpar man resonemanget på KC-pelare, jordspikar mm ?..... 12 |
| 4.6. | Hur värderar man olika undersökningsmetoders tillförlitlighet? 12 |
| 4.7. | Hur skall karakteristiskt värde anges?..... 13 |
| 4.8. | Hur väljer man ett karakteristiskt värde i bruksgräns?..... 13 |
| 4.9. | Anger Eurokoden att man skall göra känslighetsanalyser?..... 14 |
| 4.10. | Är det någon skillnad mellan dagens praxis och Eurokod? 14 |
| 5. | Beskrivning av projektet ”Karakteristiskt värde”..... 15 |

Bilagor

- A** Tillämpningsexempel - spont
- B** Tillämpningsexempel - pålar
- C** Tillämpningsexempel - stabilitet
- D** Tillämpningsexempel - sättningar
- E** Vad gäller framöver enligt SS-EN1990 och SS-EN 1997?
- F** Historik

1. Inledning

På initiativ av SGF:s Jordförstärkningskommitté har projektet karakteristiskt värde genomförts under åren 2004-2005. Syftet med projektet var ursprungligen att ta fram ett underlag för förslag till riktlinjer för hur man i Sverige skall välja karakteristiskt värde enligt Eurokod.

Detta är den slutliga versionen av rapporten, men det innebär inte att diskussionerna är avslutade. Rapporten är en utredning runt hur vi skall tillämpa riktlinjer i Eurokod (EN 1997-1 och EN 1997-2) vid val av karakteristiskt värde. Rapporten ger medverkande personers syn på hur man skulle kunna tillämpa riktlinjerna (Ytterligare personer/organisationer har bidragit med sina synpunkter/kompletteringar).

Rapporten avser att vara ett underlag för fortsatt arbete inom andra forum, och skall i detta skede ses som en vägledning. För att få en önskad säkerhetsnivå måste man veta hur det karakteristiska värdet bestäms, när man bestämmer värdet på partialkoefficienterna. Innan man tar fram en slutlig metodik för val av karakteristiskt värde, bör man därför utreda kopplingen mellan valet av karakteristiskt värde och värdet på partialkoefficienterna ytterligare. Detta för att önskad säkerhetsnivå skall fås för samtliga typer av konstruktioner, oberoende av vem som utför dimensioneringen.

Notatet omfattar följande;

I **kapitel 2** finns en kort historisk tillbakablick, hur gjorde vi egentligen förut och hur gör vi idag när vi väljer karakteristiskt värde? I **bilaga F** återfinns en mer utförlig historisk beskrivning.

Ett förslag till metodik för hur man skall tillämpa de riktlinjer som finns i Eurokod för val av karakteristiskt värde beskrivs i **kapitel 3**. I **bilaga E** återfinns för den som vill ha mer bakgrund utdrag ur SS-EN 1990 samt SS-EN1997-1, som behandlar valet av karakteristiskt värde.

I **kapitel 4** ges kommentarer/svar på ett antal frågor som man kanske ställer sig när man läser formuleringarna som finns i Eurokod.

Kapitel 5 ger en kort beskrivning av projektet karakteristiskt värde.

För att få en uppfattning av om metodiken är tillämpbar återfinns i **bilaga A till D**, fyra olika tillämpningsexempel där metodiken har använts. Tillämpningsexemplen avser spont, pålar, stabilitet och sättningar.

2. Historik¹

Begreppet karakteristiskt värde har använts i olika byggregler sedan mitten av 1970-talet. I Sverige infördes begreppet i praktiskt arbete först i **BBK 79**, dvs. i den då nya betongnormen, vilken används fortfarande med endast smärre ändringar. Karakteristiskt värde används här för att beteckna ett typiskt värde på olika materialparametrar. Detaljerade regler

¹ Fullständig version av detta kapitel återfinns i bilaga F, där delar av Claes Aléns förstudie redovisas

ges för hur man skall bestämma det karakteristiska värdet utifrån provresultat. Ambitionen är att det karakteristiska värdet skall utgöra 5 %-fraktilen av den provade materialegenskapen (om ett lågt värde är dimensionerande). Med hjälp av partialkoefficienter bestäms sedan dimensionerande värden. Likvärdiga regler har senare införts för andra konstruktionsmaterial såsom stål och trä.

I geoteknik introducerades partialkoefficientmetoden i Sverige och därmed även begreppet karakteristiskt värde med Nybyggnadsreglerna som kom ut i slutet av 1980-talet. Denna har efterträtts av **BKR** men de två byggnormerna är för geoteknik ganska likartade. Den geotekniska tillämpningen har varit mer problematisk än för materialen nämnda ovan.

I BKR anges att en materialegenskap normalt skall anges som dess medelvärde, se nedan. Däremot är det inte särskilt tydligt vad man avser med medelvärde. I Sverige har utbildats en utbredd praxis att tolka detta som mätt medelvärde. Hänsyn till osäkerhet tas sedan genom att ansätt olika värden på partialkoefficienten.

Utdrag ur **BKR 94**

”4.23 Karakteristiska materialvärden

Karakteristiskt värde för en materialegenskap skall normalt bestämmas som dess medelvärde. Systematiska skillnader mellan egenskapen vid undersökning och i verklig konstruktion (dimensioneringssituationen), egenskapens tidsberoende samt fel i parameterbestämningen skall beaktas.

...

Karakteristiskt värde för en materialegenskap får även bestämmas genom försiktigt val med ledning av dokumenterad erfarenhet.”

Det är svårt att i skrivningen finna stöd för dagens praxis att välja karakteristiskt värde som mätt medelvärde. Att man skall beakta ”Systematiska skillnader...” tyder snarare på att normförfattaren tänkt sig ett annat synsätt. Även den andra citerade meningen med ”försiktigt val” stämmer dåligt med ”mätt medelvärde”.

Man kan konstatera att dagens praxis med medelvärde är en feltolkning av grundtanken i BKR, men trots detta tillämpas.

I de tillämpningsbestämmelser till Europannormens förstandard ENV 1997-1 beskrivs följande förfarande:

Utdrag ur **SS-ENV 1997-1 + NAD(S)**

”Omfattningen av den volym i mark som bestämmer hur en geoteknisk konstruktion uppför sig i ett visst gränstillstånd är oftast mycket större än den volym som provats vid jord- eller bergundersökningar, vilket medför att den bestämmande parametern ofta är ett medelvärde över en viss yta eller volym av marken. Karakteristiskt materialvärde välj som ”försiktigt valt värde” hos aktuell jordvolym. Detta är det observerade medelvärdet justerat med hänsyn till:

- antal prov (reduktion för fåtalsprovning)*
- dokumenterad erfarenhet (sk. förhandskunskap)*
- normal variation och systematisk avvikelse hos aktuella/-a metod/-er”*

Skrivningen är resultatet av ett arbete som gjordes vid färdigställandet av NAD(S) till ENV 1997-1 och på uppdrag av de föreskrivande verken, Boverket, Vägverket, Banverket, Luftfartsverket och FortF. Ambitionen var att ange karakteristiskt värde som ett "populationens medelvärde" och inte som ett stickprovsmedelvärde. Dvs. att utifrån samlad erfarenhet och provning ange "rätt medelvärde". Det skulle även kunna beskrivas som ett sätt att ta vara på geoteknikerns professionella kunskap och inte endast ange en mekanisk procedur för att bestämma karakteristiskt värde.

3. Val av karakteristiskt värde

3.1. Val av karakteristiskt värde enligt dagens praxis

Enligt den praxis som tillämpas i dag så bestäms oftast det karakteristiska värdet som ett mätt medelvärde för den aktuella parametern (huruvida detta egentligen är korrekt kan diskuteras, se kapitel 2).

Oftast görs en subjektiv bedömning av följande vid valet av mätt medelvärde;

- olika undersökningsmetoders tillförlitlighet/relevans
- man bortser från icke tillförlitlig mätdata.

Om undersökningsdata saknas, väljer man ofta karakteristiskt värde som ett försiktigt valt värde utifrån empiri.

Hänsyn till osäkerheten (spridningen i erhållna mätvärden, omfattning/kvalitet undersökningar, ...) i materialparametern tas när man applicerar partialkoefficienterna, genom att välja ett högt eller lågt värde inom det i BKR angivna spannet.

Enligt dagens praxis definieras det karakteristiska värdet som en materialparameter som är oberoende av typ av konstruktion/situation.

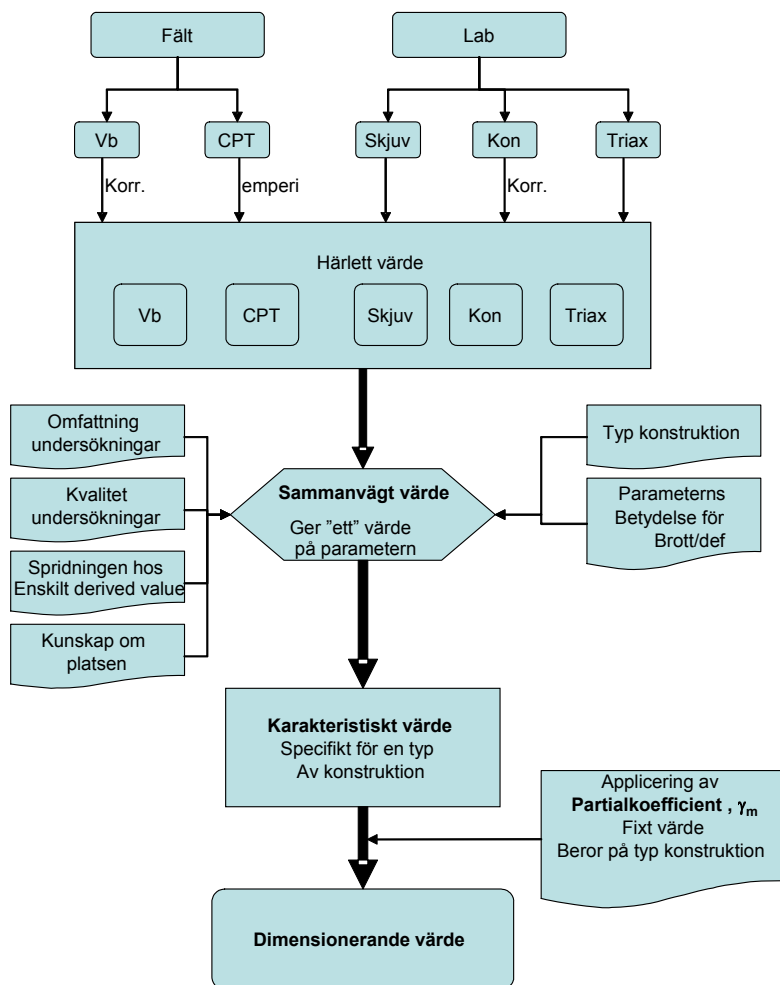
3.2. Val av karakteristiskt värde enligt Eurokod - förslag till metodik

Vid dimensionering enligt Eurokod så skall man använda dimensionerande materialparametrar, bl.a. på jordens egenskaper. Det dimensionerande värdet bestäms genom att följande kedja genomförs;

mätt värde \Rightarrow härlett värde² \Rightarrow sammanvägt värde \Rightarrow karakteristiskt värde \Rightarrow dimensionerande värde.

Kedjan illustreras i Figur 1 och beskrivs mer ingående nedan.

² Det engelska ordet "derived value" har här översatts med **härlett värde**. Dvs. det värde som fås från respektive undersökningsmetod efter ev. korrigeringar och/eller hänsyn till empiriska samband.



Figur 1 Exempel metodik för bestämning av karakteristiskt värde för skjuvhållfasthet

3.2.1. Från mätvärden till härledda värden

Första steget är att bestämma det härledda värdet ("derived value") dvs. ett mätvärde för en geoteknisk parameter med hänsyn till ev. korrigeringar och empiriska samband. Detta värde bestäms på något av följande sätt:

1. **Direkt mätning** av en parameter i fält eller lab.
Exempel på direkt mätning är skjuvhållfasthet från vingförsök utan korrigering med hänsyn till konflytgräns och modulen från CRS.
2. **Indirekt mätning** - Utnyttjande av empiriskt samband mellan den aktuella parametern och resultat från fält- eller laboriemetoder.
Exempel på indirekt mätning är bestämning av skjuvhållfastheten utifrån resultatet från CPT.

Observera att man härleder värden för respektive undersökningsmetod.

Beroende på vilken situation som parametern skall användas för (belastningssituation, geometri, typ av konstruktion, belastningens varaktighet, etc.) så kan det vara nödvändigt att

härledda flera olika värden på samma parameter för respektive undersökningsmetod. Redan i detta steg måste man således ha klart för sig vad parametrarna skall användas till, så man att bestämmer rätt härlett värde för den aktuella situationen.

I beräkningsexemplen i bilaga A till D redovisas hur man valt härledda värden för några olika undersökningsmetoder och konstruktioner.

Det bör även poängteras att man kan tolka Eurokod på olika sätt när det gäller hur man skall ta fram det härledda värdet, två exempel är:

1. För varje nivå och metod skall ett härlett värde tas fram

Detta innebär att samtliga härledda värden för olika nivåer och metoder plottas i ett diagram. Utifrån dessa härledda värden görs sedan sammanvägningen.

2. För varje undersökningsmetod tas en trend fram för det härledda värdet för hela jordprofilen.

Samtliga härledda värden för olika nivåer och metoder plottas i ett diagram. Därefter tar man fram en trendlinje, som beskriver så bra som möjligt de troliga härledda värdena för jordprofilen för aktuell metod, baserat på tillgängliga härledda värden (man gör ett sk. ”bestimate”). Detta ger ett antal trendlinjer som används som underlag för sammanvägningen till karakteristiskt värde. En anledning till att göra på detta sätt är att man enbart har undersökningspunkter på ett fåtal nivåer för olika *metoder*.

I princip bör man efter sammanvägning få samma karakteristiska värde oavsett vilken av ovanstående metoder man väljer.

3.2.1.1. Från härlett värde via sammanvägning till karakteristiskt värde

Karakteristiskt värde är enligt Eurokod ett *sammanvägt värde*, vilket innebär att man skall göra en försiktig värdering av följande faktorer;

1. **Kvaliteten** hos de mätta värdena (härledda värdena)
2. Parameterns **relevans** för den aktuella situationen/konstruktionen

Det sammanvägda värdet skall enligt Eurokod vad en ”cautious estimate”. Denna engelska term har i denna rapport översatts med en försiktig värdering. Detta skall inte tolkas som ett automatiskt försiktigt (konservativt/på säkra sidan) valt värde, utan innebär att man skall tänka igenom systemet och välja ett rätt värde på sin materialparameter med hänsyn till osäkerhet och situation/konstruktion. Se vidare kapitel 4.1.

Det första som görs är att värdera kvaliteten för de *härledda värdena* som fås från olika undersökningsmetoder. Värderingen görs för varje härlett värde och vid värderingen skall man ta hänsyn till;

- Bestämningens omfattning
- Bestämningens kvalitet (både aktuellt utförande men även kända systematiska fel pga. undersökningsmetoden)
- Typ av undersökning och dess relevans för aktuell materialparameter
- Erfarenhetsbaserad kunskap (empiri, lokalkännedom)
- Spridning för den aktuella bestämningen men även relatera till ”normal” spridning för olika undersökningsmetoder.

Denna värdering ger en uppfattning av hur bra de aktuella *härledda värdena* beskriver de ”sanna” materialegenskaperna för jorden.

Detta innebär att om värderingen enligt ovan visar att de *härledda värdena* baseras på omfattande undersökningar med god kvalitet, utförda med standardiserade väl etablerade undersökningsmetoder, och spridningen i resultatet är liten, så kan man tillgodoräkna sig det *härledda värdet* fullt ut.

Om däremot undersökningarna är få, uppvisar sämre kvalitet och resultatet visar en stor spridning så tillgodoräknar man sig ett mer ogynnsamt härlett värde (dvs. ett lägre värde om detta är mest ogynnsamt).

Efter att ha gjort en värdering av de *härledda värdena* måste man även koppla valet av parameter till den aktuella situationen/konstruktionen och då även värdera parametrarnas påverkan på risken för brott/deformation. Vid denna värdering skall följande värderas;

- Typ av brottmod/deformationsmönster
- Belastningssituation (på-/av-lastning, varaktighet etc.)
- Konstruktionens förmåga till lastomfördelning (risk för spröda brott)
- Hur stor jordvolym som styr konstruktionens uppförande.

I denna värdering skall man göra en försiktig värdering som ger ett karakteristiskt värde utifrån flera *härledda värden* (som ev. har reducerats med hänsyn till värderingen av kvalitet).

Vid en sättningsberäkning kan det t.ex. finnas moduler bestämda med CRS, men även moduler från CPT eller DMT och empiriska samband. För sättningsberäkningen för en bank, kanske modulen från CRS anses beskriva de verkliga materialegenskaperna bättre än CPT. Modulen från CRS får därför större betydelse vid sammanvägningen till ett karakteristiskt värde. Om man däremot skall studera rörelserna för en spont kanske deformationsmodulen från DMT bedöms som mer relevant, och därmed ges större betydelse. Denna värdering är även kopplad till typ av jord. Om man skall studera hävning kanske man bedömer att empiriska samband ger mest relevant information.

Antag att man har en konstruktion med liten förmåga till *omfördelning av lasten*. Den försiktiga värderingen ger då ett lägre valt karakteristiskt värde än om konstruktionen har stor förmåga till omfördelning. Detta kan exemplifieras med en stagad spont med stort centrumavstånd mellan stagen, där brott i ett stag innebär globalt brott. Här ger den försiktiga värderingen ett lägre karakteristiskt värde, jämfört med motsvarande jordspikning där det finns många spikar som kan ta över lasten om brott uppstår i en spik.

I stabilitetssammanhang bör man sannolikt använda olika värden på skjuvhållfastheten för en lång respektive kort glidyta. I det första fallet med en lång glidyta är det en stor jordvolym som medverkar och man ser på egenskaperna för hela volymen, lokala avvikelser är mindre kritiska. För ett lokalt brott, med en kort glidyta, är känsligheten för ett lokalt lågt värde betydligt större, och man bör därför beakta detta lägre värde vid val av karakteristiskt värde.

Observera att i samband med denna värdering så görs även den slutliga korrigeringen av mätvärde med hänsyn till känd kunskap om hur parametern beter sig. T.ex. applicering av korrigeringsfaktor för skjuvhållfastheten med hänsyn till konflytgränsen.

Den försiktiga värderingen skall leda till att man får ett karakteristiskt värde som är kopplat till den specifika konstruktionen/situationen, där man tagit hänsyn till det härledda värdets kvalitet.

Man kan fråga sig hur försiktig är en försiktig värdering. Eurokod ger en indikation på vilken ambitionsnivå man skall ha när det gäller valet av karakteristiskt värde. Det bör dock poängteras att statistiska metoder inte är det som enligt Eurokoden skall användas som normalfall. Om statistiska metoder tillämpas så anges att sannolikheten för att kritiskt värde skall uppstå, som styr brottet, skall vara mindre än 5%. Med lite matematik så innebär det att om vi har en variationskoefficient på 10% för parametern och enbart en parameter är styrande så skall det försiktigt valda värdet vara 15% lägre än medelvärdet. Med andra ord, redan här har vi en säkerhet på 15% jämfört med dagens praxis. Normalt sätt kommer man dock inte att tillämpa statistiska metoder utan valet kommer att ske på ett subjektivt sätt, vilket ger olika grad av försiktighet beroende på konstruktion/situation, undersökningsmetod och omfattning av undersökning.

Det bör poängteras att det inte är möjligt att ange ett karakteristiskt värde, som är oberoende av konstruktion. Det karakteristiska värdet är alltid relaterat till angiven situation och/eller en konstruktion. I ett förfrågningsunderlag skall man alltså ange om det karakteristiska värdet för skjuvhållfastheten skall användas för t.ex. dimensionering av pålar eller om det skall användas för t.ex. stabilitetsberäkningar. Om entreprenören väljer att komma med ett sidoalternativ med platta på mark, så kan det angivna karakteristiska värdet för pålar inte användas, utan en ny försiktig värdering skall göras.

3.2.2. Från karakteristiskt värde till dimensionerande värde

Nästa steg innan dimensioneringen är att applicera partialkoefficienter enligt Eurokod.

Enligt Eurokod är värdering av osäkerheten redan gjord i och med valet av karakteristiskt värde. Osäkerheten som kvarstår är den som är ”normal” variation för parametern. Partialkoefficienterna i Eurokod är därför fixa värden för respektive parameter och har till syfte att ge en viss säkerhetsnivå för hela systemet.

För att uppnå önskad säkerhetsnivå krävs att man vet hur det karakteristiska värdet bestäms när man bestämmer de fixa värdena på partialkoefficienterna. Att bestämma lämpliga värden på partialkoefficienterna ingår i arbetet med att ta fram en nationell bilaga till EN 1997-1. Detta projektets mål är inte att diskutera partialkoefficienter och hur dessa skall tas fram, utan enbart att utreda hur man kan tillämpa riktlinjerna för bestämning av karakteristiskt värde enligt Eurokod. Frågan om partialkoefficienternas värde, utreds inom ramen för andra projekt.

En skillnad mot dagens praxis som är värd att notera är att partialkoefficienten för säkerhetsklass appliceras på lasten, inte på materialparametern.

4. Försök till svar på några relevanta frågor

4.1. Vad innebär den engelska formuleringen ”Cautious estimate”

Det sammanvägda värde som anges i metodiken skall enligt Eurokod vara ett ”cautious estimate”. En rak översättning av ”cautious estimate” blir kanske försiktigt valt värde, vilket skulle kunna tolkas som att man alltid skall välja ett karakteristiskt värde på säkra sidan (konservativt val). Det finns dock andra översättningar som bättre beskriver det som avses med formuleringen, nämligen betänksamt/eftertänksamt val eller ingenjörsmässigt val. ”Cautious estimate” innebär alltså att man skall tänka igenom systemet och välja ett rätt värde på sin materialparameter med hänsyn till osäkerhet och situation/konstruktion. I denna rapport används begreppet försiktig värdering i betydelsen, betänksamt/eftertänksamt värdering eller

ingenjörsmässigt värdering och innebär alltså inte automatiskt ett val av ett lågt (konservativt) värde på säkra sidan. Vilken översättning som kommer att användas i översättningen av EN 1997-1 är ännu inte fastställt.

4.2. Hur väljer man karakteristiskt värde - ingenjörsmässigt synsätt?

I Eurokod 1997-1 kan hitta följande formulering. Innebär formulering att det alltid är ett försiktigt valt medelvärde som skall väljas som karakteristiskt värde?

Avsnitt 2.4.5.2, 7) The zone of ground governing the behaviour of a geotechnical structure at a limit state is usually much larger than a test sample or the zone of ground affected in an in situ test. Consequently the value of the governing parameter is often the mean of a range of values covering a large surface or volume of the ground. The characteristic value should be a cautious estimate of this mean value.

Denna formulering innebär att man måste hålla isär begreppen genomsnittligt värde för hela volymen och statistiskt medelvärde. För stora volymer är det ingenjörsmässigt ett genomsnittligt värde som styr.

Ett exempel kan vara en platta för ett hus. Om plattan är styv så styrs bärligheten av egenskaperna under hela plattan och det är medelvärde för hela jordvolymen som skall tillämpas. Har man en vekare platta påverkas den i större utsträckning av de lokala variationerna i materialegenskaperna hos jorden. Man bör då välja att bestämma flera lokala genomsnittliga värden. Detta exempel visar även på vikten av att ha med konstruktionen i tankarna när man väljer karakteristiskt värde.

Ett annat exempel är skjuvhållfastheten längs en lång glidyta där man ser på ett genomsnittligt värde längs glidytan, även om skjuvhållfastheten varierar lokalt.

Formuleringen innebär inte att man skall välja ett försiktigt valt medelvärde utan att man, enligt metodiken i kapitel 3, skall göra en försiktig värdering genom en sammanvägning av både kvalitet och relevans för de härledda värdena, för att få ett rätt karakteristiskt värde. Vid denna värdering skall man se på hela jordvolymen som medverkar och inte enbart provkroppen.

I Eurokod 1997-1 återfinns även följande formulering. Innebär den att om brottet styrs av ett enstaka värde så är det ett försiktigt lägsta värde som skall väljas som karakteristiskt värde?

Avsnitt 2.4.5.2, 8) If the behaviour of the geotechnical structure at the limit state considered is governed by the lowest or highest value of the ground property, the characteristic value should be a cautious estimate of the lowest or highest value occurring in the zone governing the behaviour.

Denna formulering innebär att om man har ett system som styrs av den svagaste länken så skall man vid den försiktiga värderingen låta detta härledda värde (svagaste länken) styra valet av karakteristiskt värde.

Ett exempel är en mantelburen påle som bär längs hela manteln, vilket gör att lokala svaga skikt har mindre betydelse för pålens bärförmåga. Den försiktiga värderingen görs med beaktande av härledda värden för hela den aktuella jordvolymen. För en spetsburen påle är det i huvudsak materialparameter direkt under pålen som styr bärförmågan. Här görs den

försiktiga värderingen för härledda värden för en lokal volym under pålen, där ett enskilt lågt härlett värde är en svag länk som kommer att styra valet av karakteristiskt värde.

Sammanfattningsvis innebär formuleringen i Eurokod att man skall studera systemet och hur det fungerar när man väljer sina materialparametrar. Har man en svag länk skall denna beaktas, men det ger inte automatiskt ett konservativt valt värde.

4.3. Hur väljer man karakteristiskt värde - statistiskt synsätt?

Till skillnad från den metodik som föreskrivs av Eurokod så beskriver partialkoefficientmetoden ett teoretiskt samband mellan en parameters mätta medelvärde, variationskoefficient och dess betydelse för problemet. Enligt partialkoefficientmetoden beräknas en unik uppsättning partialkoefficienter för varje belastningsfall utifrån valda karakteristiska värden.

I början av 1990-talet genomfördes ett stort nationellt projekt avseende partialkoefficientmetoden och dess möjlighet att användas i geotekniken (BFR, Rapport R25:1991). Några år tidigare publicerades också en doktorsavhandling på ämnet (Olsson, 1986). Av olika anledningar har dock inte partialkoefficientmetoden kommit till användning i praktiken i Sverige. På senare tid har dock partialkoefficientmetoden diskuterats speciellt i samband med samverkanskonstruktioner i berganläggningar (SveBeFo Rapport 70). Trots att partialkoefficientmetoden inte används i Sverige anses det viktigt att kort kommentera metoden.

Det teoretiska uttrycket för partialkoefficientmetoden för ett givet säkerhetsindex då den aktuella parametern är normalfördelad kan tecknas som (t.ex. Thoft-Christensen & Baker, 1982, ”*Structural Reliability and its application*”)

$$\gamma_i = \frac{x_{ki}}{\mu_i + \alpha_i \beta \sigma_i} \quad \left(V_i < -\frac{1}{\alpha_i \beta} \right) \quad (1)$$

där

γ_i är parameter i:s partialkoefficient,

x_{ki} är parameters karakteristiska värde,

μ_i är parameters medelvärde,

σ_i är parameters standardavvikelse,

α_i är parameters sensitivitetsfaktor och β är säkerhetsindex. För mothållande variabler är sensitivitetsfaktorn negativ ($-1 \leq \alpha_i \leq 0$) och för pådrivande variabler positiv ($0 \leq \alpha_i \leq 1$).

Det karakteristiska värdet x_{ki} väljs till ett statistiskt mått såsom exempelvis medelvärdet eller 5 % -fraktilen. Om det karakteristiska värdet sätts lika med medelvärdet kan ekvation 1 skrivas som

$$\gamma_i = \frac{1}{1 + \alpha_i \beta V_i} \quad (2)$$

där

V_i är variabelns variationskoefficient som måste relateras till parameters spridning i aktuell skala.

Då den aktuella parametern är normalfördelad finns ett unikt förhållande mellan säkerhetsindex β och brottsannolikheten P_f . Partialkoefficientens storlek beror således på det valda karakteristiska värdet, parameterns statistiska mått och en faktor som beskriver parameterns betydelse för problemet. Partialkoefficienten skall således kalibreras för respektive aktuellt fall. För att välja rätt karakteristiskt värde utifrån ovanstående, så måste man således förstå det mekaniska systemet och egenskapens betydelse för problemet.

Notera att nämnaren i Ekvation (1) måste vara skilt från noll vilket innebär att det finns en övre gräns för vilken spridning som kan behandlas med metoden, $V_i < -1/\alpha_i\beta$ (då α_i är negativ vilket gäller för mothållande variabler). Metoden innebär således att man inte kan ignorera stora spridningar.

Vid beräkning av partialkoefficienter kan man gå till väga enligt följande:

1. Utgå från det mätta medelvärdet μ_i och korrigerar med hänsyn till mätmetodens noggrannhet.
2. Uppskatta egenskapens betydelse för problemet, d.v.s. sensitivitetsfaktorn α_i
3. Uppskatta variabelns variationskoefficient V_i . Spridningen beror dels på den naturliga variationen men också på undersökningens omfattning och provstorlekens relation till det aktuella mekaniska systemet.

En orsak till att partialkoefficientmetoden inte kommit till praktisk användning är svårigheter att uppskatta egenskapens betydelse för problemet, d.v.s. sensitivitetsfaktorn α_i . Sensitivitetsfaktorn kan bestämmas med t.ex. β -metoden och det kan således krävas omfattande numeriska beräkningar. Sensitivitetsfaktorn α_i och variationskoefficienten V_i har båda stor inverkan på beräknad partialkoefficient enligt Ekvation (2) vilket illustreras i Figur 2a. Den illustrerar sambandet då brottsannolikheten P_f är valt till 10^{-4} (motsvarar SK1, $\beta=3,72$, enligt Boverkets konstruktionsregler). Figuren visar tydligt att en variabels spridning och inverkan på det mekaniska systemet har avgörande betydelse för bestämning av tillhörande partialkoefficient.

Om den aktuella parametern har stor inverkan på det mekaniska systemet (sensitivitetsfaktorn har ett högt värde, t.ex. $\alpha_i = -0,95$) så har också variationskoefficienten stor inverkan. Om den geotekniska egenskapen inte har stor inverkan (sensitivitetsfaktorn har ett lågt värde, t.ex. $\alpha_i = -0,3$) har inte heller variationskoefficienten stor inverkan. Detta system är med andra ord inte alls lika känslig för valet av variationskoefficient. Exemplet i figuren visar tydligt vikten av att beakta variansreduktion.

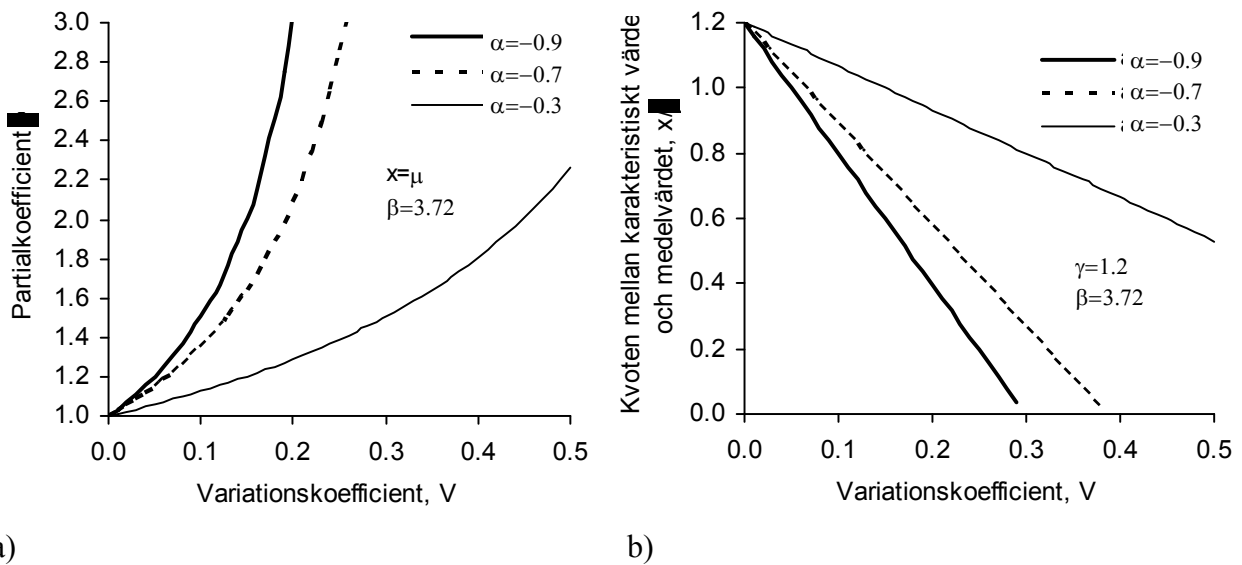
För att jämföra den av Eurokod beskrivna metodiken (med ”cautios estimate” av karakteristiskt värde med tillhörande fixa partialkoefficienter) med partialkoefficientmetoden (där partialkoefficienter beräknas utifrån valda karakteristiska värden) skrivs Ekvation (1) om såsom

$$\frac{x_{ki}}{\mu_i} = \gamma_i (1 + \alpha_i \beta V_i) \quad \left(\frac{x_{ki}}{\mu_i} > 0 \right) \quad (3)$$

Grafen i Figur 2b till höger nedan visar Ekvation (3) i ett exempel där partialkoefficienten $\gamma_i = 1,2$, sensitivitetsfaktorn $\alpha_i = -0,9; -0,7; \text{ samt } -0,3$ och säkerhetsindex $\beta = 3,72$. Också

denna graf visar tydligt den starka inverkan av variationskoefficienten och sensitivitetsfaktorn.

Notera också att variationskoefficienten måste vara mindre än 30% då sensitivitetsfaktorn är satt till -0,9 för att kvoten mellan karakteristiskt värde och medelvärdet skall vara positiv enligt exemplet. Den utvärderade variationskoefficienten är inom geotekniken ofta i storleksordningen 30% från laboratorieprovserier eller från sonderingar. Den relativt stora spridning kan dock vara stark relaterad till den som regel lilla provskalan i förhållande till den aktuella totala jordvolymen. För att kunna behandla parametrar med stor spridning måste man i förekommande fall kunna påvisa variansreduktion, t.ex. kunna visa att en parameters inverkan på det mekaniska systemet är medelvärdesbildande.



Figur 2

a) Partialkoefficienten γ_i som funktion av variationskoefficienten V_i för olika sensitivitetsfaktorer α där brottsannolikhet $P_f = 10^{-4}$.

b) Kvoten mellan karakteristiskt värde och medelvärdet x_i / μ_i som funktion av variationskoefficienten V_i för olika sensitivitetsfaktorer α där brottsannolikhet $P_f = 10^{-4}$ och partialkoefficienten $\gamma_i = 1,2$.

4.4. Hur väljer man karakteristiskt värde baserat på tabellvärden

Följande formulering återfinns i Eurokod 1997-1, avsnitt 2.4.5.2 Innebär detta att man skall välja mycket låga värden på materialparametrarna om man går på tabellvärden?

(12)P When using standard tables of characteristic values related to soil investigation parameters, the characteristic value shall be selected as a very cautious value.

Återigen bör man ställa sig frågan vad är ett "very cautious value". I detta fallet bör man tolka formulering på det sätt att man bör tänka efter innan man väljer sitt värde. Stämmer de antaganden som tabellen bygger på med den situation/konstruktion som gäller i det aktuella projektet? Vad bygger tabellvärdena på, omfattande mätning eller enstaka undersökningar?

Man skall alltså göra en bedömning av hur relevanta värdena är för den aktuella konstruktionen, och sedan kanske välja något lägre värde än om man hade haft uppmätta värden. Att välja från tabell innebär dock inte att man automatiskt skall välja orealistiskt låga värden på materialparametern. Det bör i detta sammanhang påpekas att formuleringen har tagits fram för de länder som använder sig av tabeller med standardjordar vid dimensionering. De tabeller som vi i Sverige använder, bygger ofta på mycken erfarenhet och är ibland redan konservativa. Det är därför inte alltid nödvändigt att ytterligare reducera värdena.

Innebär följande formulering i Eurokod att vi skall vara skeptiska till alla materialvärden från leverantörer och använda dessa med försiktighet?

”Värden för material- eller produkttegenskaper anges i EN 1992 t.o.m. EN 1999 och i harmoniserade europeiska tekniska specifikationer eller andra dokument. Om värden tas från produktstandarder utan att vägledning om hur dessa skall tolkas ges i EN 1992 t.o.m. EN 1999 bör det mest ogynnsamma värdet användas.”

Formuleringen innebär återigen att man skall tänka efter och verifiera indata. Kan leverantören visa dokumenterade testresultat från accepterade tester för sina produkter, bör man kunna välja ett karaktärsikt värde på samma sätt som för andra parametrar, dvs. med hänsyn till spridning i testresultat, osäkerhet och koppling till konstruktionen. Om däremot leverantören inte kan verifiera materialparametrarna med testresultat bör man välja ett mera konservativt värde.

4.5. Hur tillämpar man resonemanget på KC-pelare, jordspikar mm ?

Hur skall man enligt Eurokod välja karaktäristiskt värde t.ex. för skjuvhållfastheten hos en KC-pelare eller utdragskraften för en jordspik. Resonemanget blir motsvarande som för materialparametrar som tillhandahålls av en leverantör. Om man har utfört t.ex. provpelare och har ett tillförlitligt testresultat, så kan man utifrån det välja ett karaktäristiskt värde på samma sätt som för övriga jordparametrar. Om man har begränsat testresultat och skall utgå till större delen från empiri, tillgodoräknar man sig ett lägre värde.

4.6. Hur värderar man olika undersökningsmetoders tillförlitlighet?

Det finns ett stort antal geotekniska fält- och laboratorieundersökningar, och beroende på geologiska förhållanden, typ av konstruktion, lokal erfarenhet samt vilken parameter som skall bestämmas, så ger olika metoder mer eller mindre tillförlitliga värden.

Man kan inte generellt säga att en metod är bättre än en annan på att bestämma en viss materialparameter. En geotekniker som har stor erfarenhet av t.ex. CPT-sonderingar som vet hur den aktuella sonderingen har utförts, kan tolka ut betydligt mer tillförlitlig information från sonderingsresultatet än en geotekniker med mindre erfarenhet. I detta fallet beror tillförlitligheten på geoteknikerns erfarenhet och kunskap om utförandet.

När det gäller skjuvhållfasthet så antar man ofta i stabilitets sammanhang att skjuvhållfastheten bestämd med skjuvförsök ger ett mer representativt värde än motsvarande värde bestämd med konförsök eller vinge. Även här beror det dock på hur man genomfört undersökningarna i det aktuella projektet, vilken geologin är samt vilken tillämpning man skall använda skjuvhållfastheten skall användas till.

Läser man Eurokoden strikt kan man tolka vissa avsnitt på det sätt att man inte bör använda sig av indexmetoder. En indexmetod är en metod som måste översättas, tex. konförsöken där en given intryckning genom erfarenhetsvärden/kalibrering kan omsättas till ett värde på skjuvhållfastheten. Andra exempel på indexförsök är enaxliga tryckförsök för bestämning av skjuvhållfasthet. För många geologiska områden har vi stor erfarenhet från indexförsök, detta innebär att man har en god kalibrering mellan indexvärdet och verkligt värde. När man har denna erfarenhet bör man även fortsättningsvis enligt Eurokod kunna använda sig av indexmetoder.

Det viktiga är att man gör en aktiv värdering av de undersökningsresultaten och att man på ett systematiskt sätt försöker bedöma om de är tillförlitliga.

4.7. Hur skall karakteristiskt värde anges?

Den stora skillnaden mot hur karakteristiskt värde anges i dag, är att man när man skall lämna över den till någon annan även måste ange viken typ av konstruktion som förutsätts för det aktuella karakteristiska värdet. I beräkning PM så redovisas vilka värderingar som ligger till grund för valet.

Vid sidobud gör entreprenören en ny utvärdering av karakteristiskt värde, utifrån den Geotekniska undersökningsrapporten som bifogas till förfrågningshandlingen. I Eurokod finns den definierat vilken information som skall ingå i denna rapport, bl.a. skall alla antaganden som gjorts vid sammanvägning av karakteristiskt värde redovisas.

4.8. Hur väljer man ett karakteristiskt värde i bruksgräns?

I Eurokod 1997-1, återfinns följande två formuleringar när det gäller beräkning av sättningar för platta och bank.

Avsnitt 6.6.1 - platta

*(5)P The serviceability limit state **design loads** shall be used when calculating foundation displacements for comparison with serviceability criteria. (6) Calculations of settlements should not be regarded as accurate. They merely provide an approximate indication.*

Avsnitt 12 - bank

*(1) P The design shall show that the deformation of the embankment when subjected to **characteristic actions** will not cause a serviceability limit state in the embankment or in structures, roads or services sited on, in or near the embankment.*

Avsnitten i Eurokod anger hur man skall hantera lasten vid beräkning av sättningar för platta respektive bank. Det anges inget om att det karakteristiska värdet på materialegenskaper skall hanteras annorlunda i bruksgräns än i brottgräns. Följaktligen skall det karakteristiska värdet bestämmas enligt samma metodik som beskrivts tidigare i detta notat.

Det är dock viktigt att man vid sättningsberäkningar särskiljer på vad beräkningen skall användas till.

1. För **dimensionering**, där man jämför med uppställda krav i enlighet med principer i Eurokod. Här bestäms karakteristiskt värde enligt den metodik som beskrivs ovan. Sättnings storlek är då inte ett troligt värde utan ger enbart en indikation på sättnings storlek. I ovanstående paragrafer anges sedan hur man skall hantera lasten vid sättningsberäkningen, beroende på om det är en platta eller en bank.

2. För **sättningsuppföljning**, vilket innebär att man vill beräkna en trolig/verklig sättnings. Ett karakteristiskt värde som är en försiktig värdering, skulle i detta fall kunna ge ett för lågt värde (beronde på hur stor osäkerhet som finns i indatan). Vid uppföljning bör man därför överväga att använda materialvärden som har lika stor sannolikhet att överskridas som att underskridas. Vilket innebär att materialvärdet skall ge en så sann bild som möjligt av medelvärdet för en större volym.

4.9. Anger Eurokoden att man skall göra känslighetsanalyser?

Följande formulering återfinns i EN 1990, vad innebär den.

När verifiering av ett gränstillstånd är känslig för variationer hos en materialegenskap, bör övre och undre karakteristiska värden för materialegenskapen beaktas.

Att utföra känslighetsanalyser av valda materialparametrar är en naturlig del av det ingenjörsmässiga valet, som beskrivs i metodiken i kapitel 3.

4.10. Är det någon skillnad mellan dagens praxis och Eurokod?

När det gäller hanteringen av partialkoefficienter och karakteristiskt värde bör man notera skillnad mellan dagens rekommendationer enligt BKR (för Geokonstruktioner) och Eurokod.

Enligt BKR väljer man en partialkoefficient för varje parameter inom ett visst intervall. Vid valet av dimensionerande värde görs en värdering av osäkerheten i det karakteristiska värdet genom att välja ett värde på partialkoefficienten inom angivet spann. Olika parametrar har olika spann beroende på ”normal” variation i parametern och parameterns påverkan på risken för olika brottmoder /deformationer. För t.ex. friktionsvinkeln ligger spannet mellan 1,1 till 1,3 medan för odränerad skjuvhållfasthet (som normalt har större variation) ligger intervallet mellan 1,6 till 2,0.

Enligt Eurokod är värdering av osäkerheten redan gjord i och med valet av karakteristiskt värde. Partialkoefficienterna i Eurokod är därför fixa värden för respektive parameter och har till syfte att ge en viss säkerhetsnivå för hela systemet.

Om man skall uppnå samma säkerhetsnivå enligt Eurokod som enligt BKR, måste man därför lära sig att välja ett karakteristiskt värde som tar hänsyn till den osäkerhet som vi idag är vana vid att partialkoefficienterna tar hand om. Samtidigt får man inte bli för konservativ för då är risken att vi får överdimensionerade konstruktioner.

Ett förslag till tumregel kan därför vara följande, om vi idag hade valt ett värde på partialkoefficienten i den nedre del av spannet enligt BKR, bör man välja ett karakteristiskt värde nära medelvärdet enligt Eurokod. Det innebär att om vi idag är säkra på bestämningen av skjuvhållfasthetsvärdet och hade valt en partialkoefficient på 1,6 för skjuvhållfastheten enligt BKR, så bör man välja ett karakteristiskt värde närmare medelvärdet enligt Eurokod.

Om man däremot är osäker på sin bestämning av skjuvhållfastheten och i dag hade valt ett värde på partialkoefficienten i den övre delen av spannet (2,0), skall man välja ett mer konservativt karakteristiskt värde på skjuvhållfastheten enligt Eurokod.

En annan skillnad när det gäller partialkoefficienter enligt Eurokod är att partialkoefficienten för säkerhetsklass appliceras på lasten, inte på materialparametern.

5. Beskrivning av projektet "Karakteristiskt värde"

På initiativ av SGF:s Jordförstärkningskommitté har projektet karakteristiskt värde genomförts under 2004-2005.

Projektet har haft följande målsättning:

1. Klarlägga vad som står i Eurokod avseende hur man skall välja karakteristiskt värde. Applicera detta på konkreta praktikfall, för att få en förståelse för vad detta innebär.
2. Klarlägga vilka möjligheter som finns att tolka Eurokod
3. Ta fram ett underlag för fortsatt diskussion om en gemensam tolkning av Eurokod avseende val av karakteristiskt värde.

Projektupplägget har varit följande

1. Definiera huvudprincip för val av karakteristiskt värde
2. Applicera huvudprincipen på (3- 4) exempel
3. Gemensam diskussion dels inom "experttyckar" gruppen, dels tillsammans med de som utfört exemplen, och styrgruppen (JFK). Resultatet sammanställs som ett underlag för ett seminarium i ett SGF notat.
4. Seminarium, där samtliga medlemmar inom SGF ges möjlighet att tycka till
5. Förslag till praxis fastställs och reviderad version av SGF notat ges ut.

I ett inledande skede av projektet genomfördes en förstudie med målsättningen är att ge en överblick över hur man valt karakteristiskt värde tidigare, vilken praxis som gäller idag och hur man enligt kommande Europa normer skall välja karakteristiskt värde. Denna förstudie genomfördes av Claes Alén, SGI och har varit grunden för diskussionerna inom detta projekt. Delar av texten i detta SGF Notat är hämtat direkt från det diskussionsunderlag som togs fram i förstudien bl.a. bilaga F Historik.

Innehållsförteckning för bilagor

| | | |
|-----------|--|-----------|
| A. | Tillämpningsexempel 1 – Spont..... | 19 |
| A.1. | Beskrivning av projekt | 19 |
| A.2. | Val av karakteristiskt värde – dagens praxis | 22 |
| A.2.1. | Generellt | 22 |
| A.2.2. | Fyllning..... | 22 |
| A.2.3. | Lera..... | 22 |
| A.2.4. | Friktionsjord | 23 |
| A.3. | Val av karakteristiskt värde – Eurokod | 23 |
| A.3.1. | Från mätvärden till härledda värden..... | 23 |
| A.3.2. | Från härlett värde via sammanvägt värde till karakteristiskt värde.. | 24 |
| A.4. | Diskussion | 26 |
| B. | Tillämpningsexempel 2 - pålar (applicering statistiskt synsätt) | 29 |
| B.1. | Beskrivning av projekt | 29 |
| B.2. | Val av karakteristiskt värde – Eurokod | 29 |
| B.2.1. | Från mätvärde till härledda värden..... | 29 |
| B.2.2. | Från framtaget värde via sammanvägt värde till karakteristiskt värde | 30 |
| B.3. | Diskussion | 31 |
| C. | Tillämpningsexempel 3 - stabilitet..... | 33 |
| C.1. | Beskrivning av projekt | 33 |
| C.2. | Val av karakteristiskt värde – dagens praxis | 34 |
| C.3. | Val av karakteristiskt värde – Eurokod | 36 |
| C.3.1. | Från mätvärde till härlett värde | 36 |
| C.3.2. | Från härlett värde via sammanvägt värde till karakteristiskt värde.. | 36 |
| C.4. | Diskussion | 38 |
| D. | Tillämpningsexempel 4 – sättningar | 40 |
| D.1. | Beskrivning av projekt | 40 |
| D.2. | Val av karakteristiskt värde – dagens praxis | 41 |
| D.3. | Val av karakteristiskt värde – Eurokod | 41 |
| D.3.1. | Från mätvärde till härlett värde | 41 |
| D.3.2. | Från härlett värde via sammanvägt värde till karakteristiskt värde.. | 42 |
| D.4. | Diskussion | 43 |
| E. | Vad gäller framöver enligt EN1990 och EN 1997-1?..... | 45 |
| E.1. | Utdrag ur EN 1990 (Basis of design) | 45 |
| E.1.1. | Karakteristiskt värde (X_k eller R_k) (avsnitt 1.5.4.1) | 45 |
| E.1.2. | Karakteristiskt värde för en geometrisk egenskap (a_k) (avsnitt 1.5.5.1).. | 45 |
| E.1.3. | Karakteristiska värden för laster (avsnitt 4.1.2) | 45 |
| E.1.4. | Material- och produkttegenskaper (Avsnitt 4.2)..... | 46 |
| E.2. | Utdrag ur EN 1997-1 (Geotechnical design)..... | 47 |
| E.2.1. | Ground (avsnitt 1.5.2.3)..... | 47 |
| E.2.2. | Structure (avsnitt 1.5.2.4) | 48 |
| E.2.3. | Derived value (avsnitt 2.4.5.1) | 48 |
| E.2.4. | Characteristic values of geotechnical parameters (avsnitt 2.4.5.2) .. | 48 |

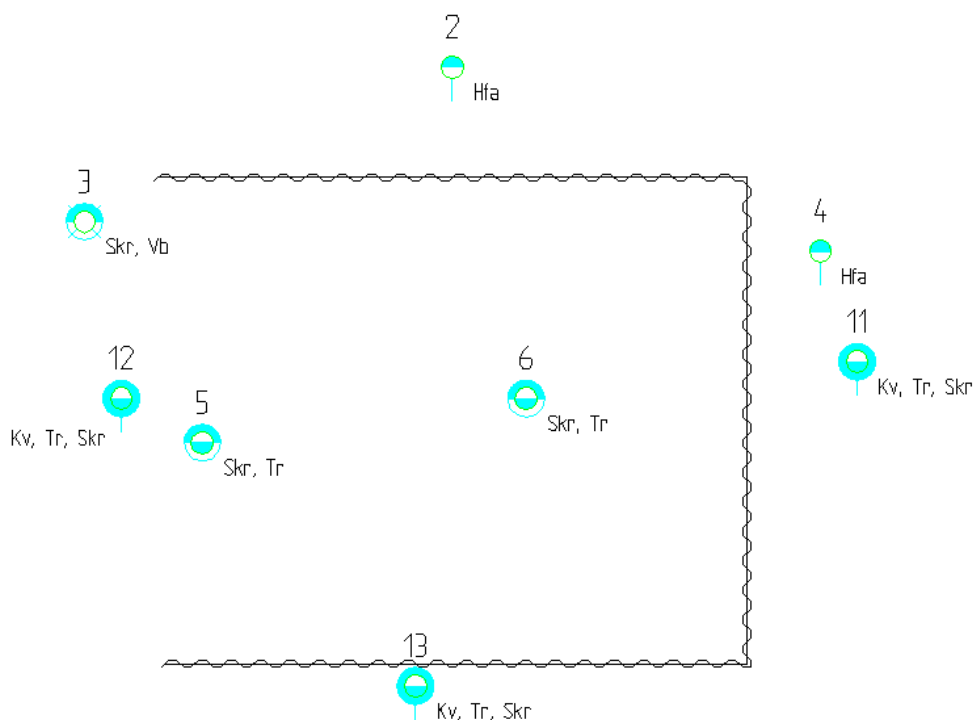
| | |
|--|-----------|
| E.2.5. Characteristic values of geometrical data (avsnitt 2.4.5.3)..... | 50 |
| E.3. Beskrivning av jord från EN1997-1 | 50 |
| E.3.1. Characterisation of soil and rock type (avsnitt 3.3.2)..... | 50 |
| E.3.2. Weight density | 51 |
| E.3.3. Density index | 51 |
| E.3.4. Degree of compaction..... | 51 |
| E.3.5. Shear strength | 51 |
| E.3.6. Soil stiffness | 52 |
| F. Historik..... | 53 |
| F.1. Historisk tillbakablick (text hämtad från förstudien, C. Alén)..... | 53 |
| F.1.1. Ingenjörsmässigt eller statistiskt synsätt?..... | 54 |
| F.1.2. Nybyggnadsregler-BKR..... | 54 |
| F.1.3. Svensk tillämpning av ENV 1997-1 (Förstandarden till Eurokod).. | 55 |

A. Tillämpningsexempel 1 – Spont

A.1. Beskrivning av projekt

Exemplet avser en schakt till nivån +3,0 skall utföras för grundläggning av byggnad i stadsmiljö. Marken består idag av parkeringsplatser på asfalterade ytor. För att minska omgivningspåverkan samt för att omgivande gator skall kunna vara i drift utförs schakten innanför en bakåtförankrad spont i u-form på den öppna sidan läggs en slänt, denna omfattas inte av exemplet.

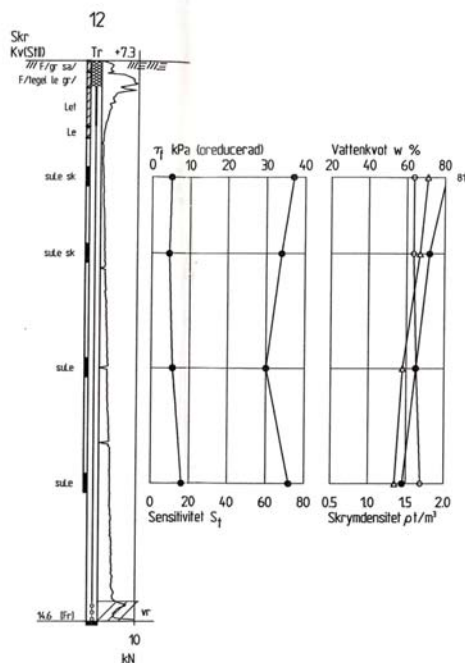
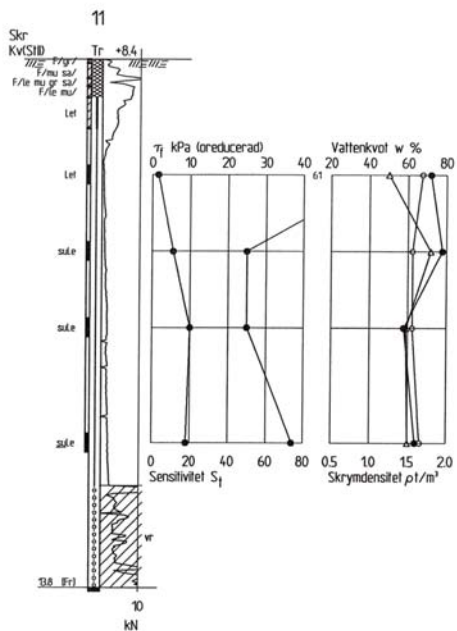
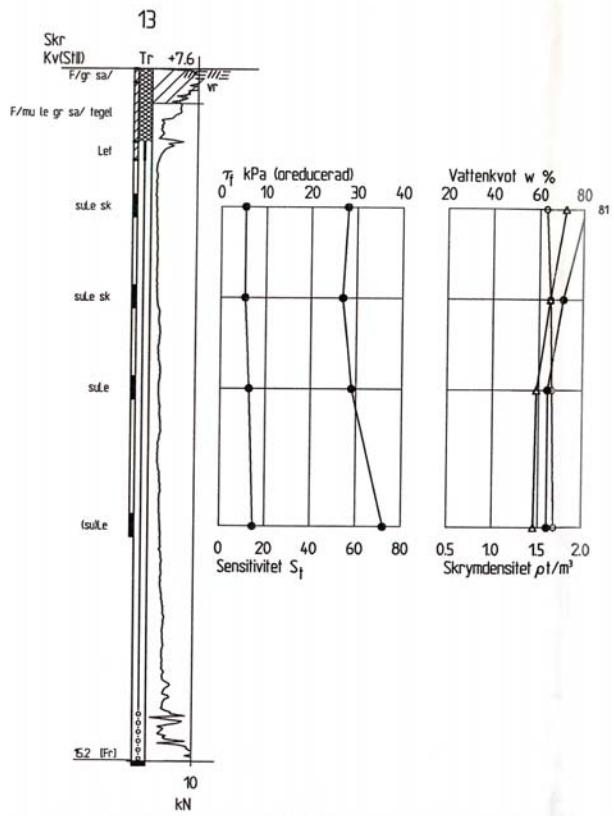
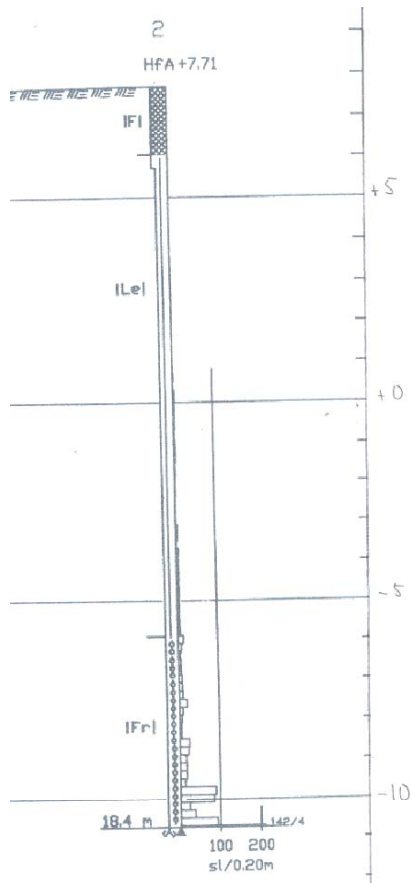
Inom området har följande undersökningar utförts;
3 st Kolvprovtagning med konförsök och rutinanalys
6 st skruvprovtagningar
1 st vingsonering
5 st Trycksonderingar
2 st Hejarsonderingar
Placering av undersökningspunkterna framgår av Figur 1.



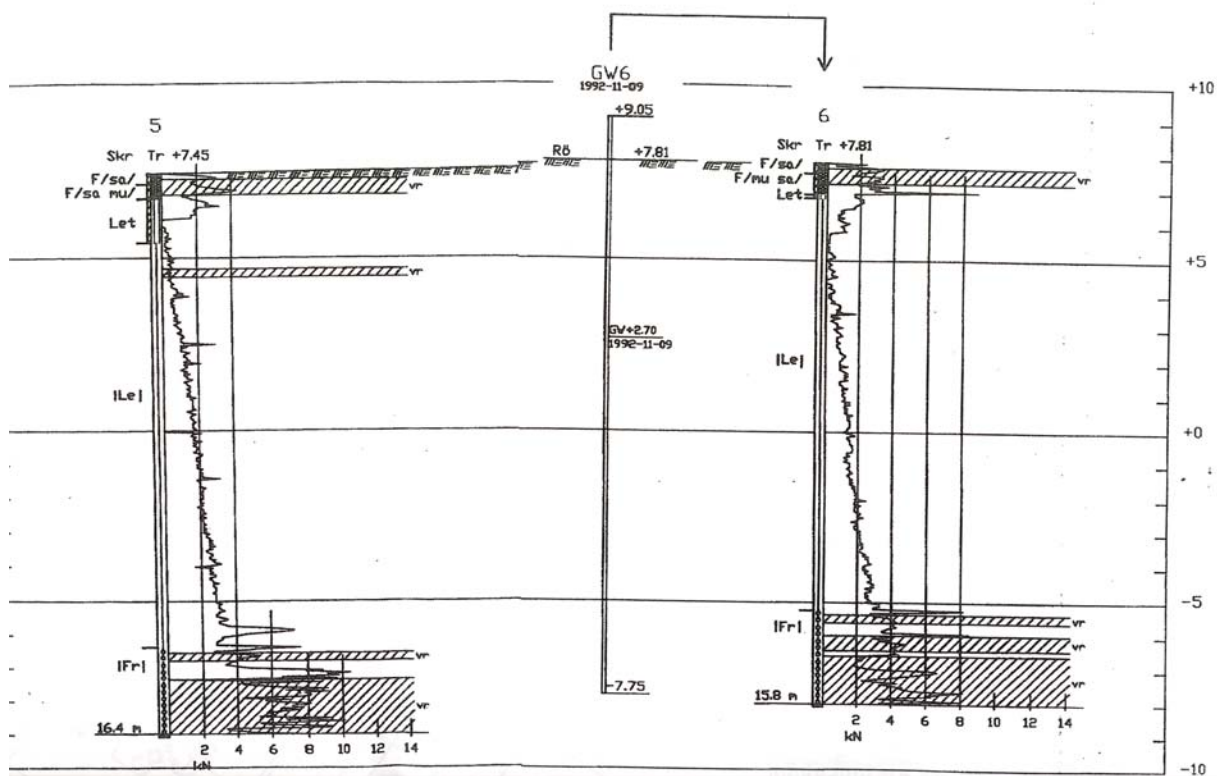
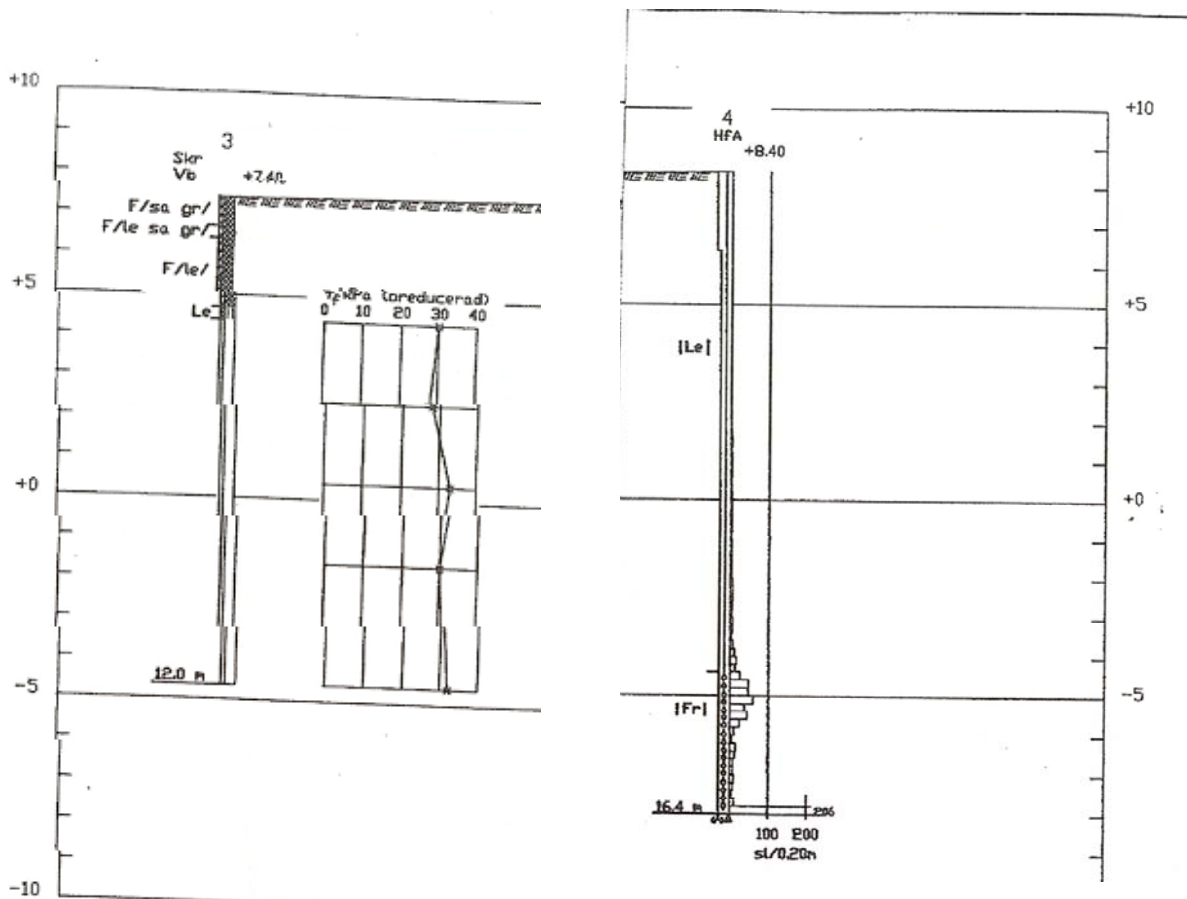
Figur 1 Borrplan för undersökningar

Undersökningresultaten återfinns i Figur 2 och Figur 3.

De geotekniska förhållandena inom området kan beskrivas enligt följande. Markytan ligger på nivån +7,6 - + 8,7 och jordprofilen består av överst av 1,0- 2,5 m fyllningen eller torrskorpelera under fyllningen 8 - 12 m lera underlagrad av friktionsjord. Leran är under konsoliderad. Troligtvis på grund av grundvattensänkning i området Grundvatten ytan fluktuerar något inom området men antas till nivån + 3,0 m.



Figur 2 Undersökningresultat från borrhål 2, 13, 11 och 12



Figur 3 Undersökningsresultat från borrhål 3, 4, 5 och 6

A.2. Val av karakteristiskt värde – dagens praxis

A.2.1. Generellt

Karakteristiska värdet väljs som ett försiktigt valt medelvärde. Viss gallring utförs bland de geotekniska undersökningarna.

A.2.2. Fyllning

För att bestämma karakteristiska värden på fyllningen används trycksonderingsresultaten samt tabellvärden. Trycksonderingsresultaten uppgår till mellan 2 och 10 MPa. Vald karakteristisk friktionsvinkel är 32 grader. Fyllningens tunghet uppskattas utifrån erfarenhet då inga undersökningar finns på denna. Tungheten uppskattas till 19 kN/m³.

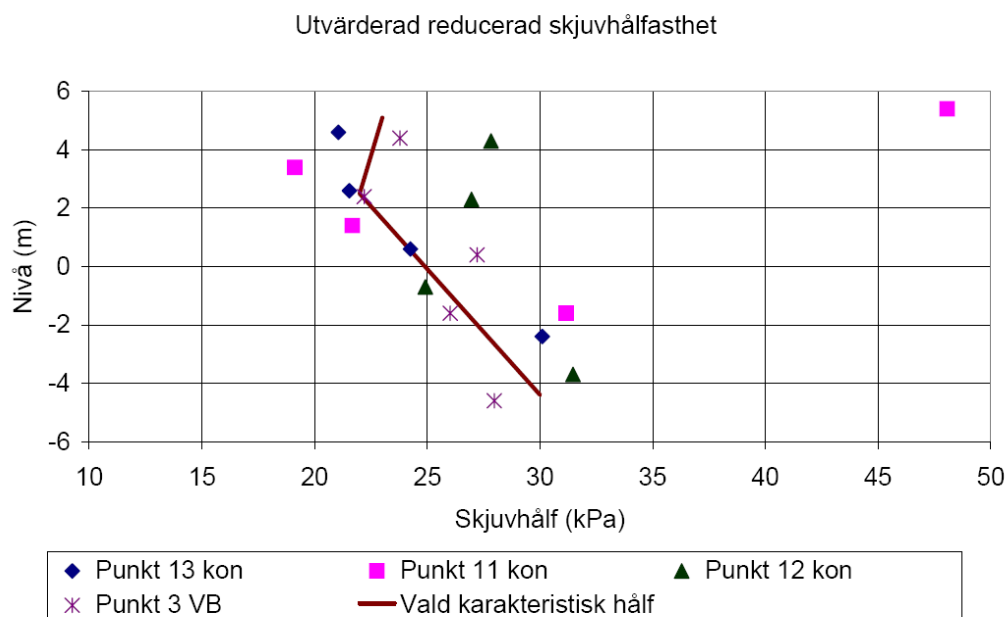
Valda karakteristiska värden:

$$\gamma_k = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi_k = 32^\circ$$

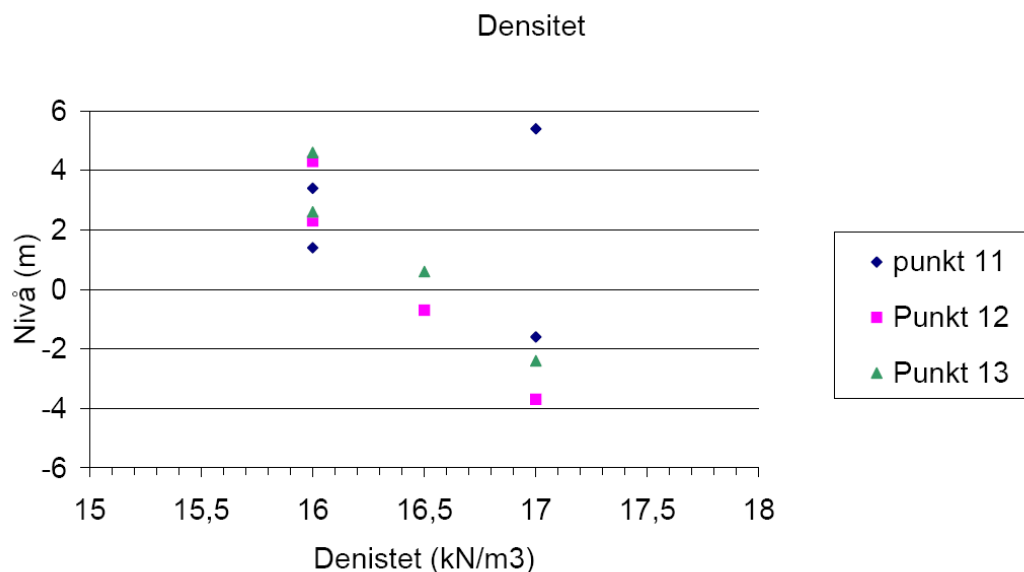
A.2.3. Lera

Karakteristiska värdena för leran utvärderas från kolvprovtagningen och vingsonderingen med avseende på skjuvhållfastheten. I Figur 4 redovisas mätta värden på skjuvhållfastheten, samt hur man utvärderat skjuvhållfastheten enligt dagens praxis.



Figur 4 Sammanställning av resultat för skjuvhållfasthet, samt utvärdering av karakteristiskt värde enligt dagens praxis

Tungheten utvärderas från rutinanalysen, se Figur 5.



Figur 5 Sammanställning av erhållna resultat densitet

Valda karakteristiska värden:

$\gamma_k =$ Ur diagram

C_{uk} ur diagram

A.2.4. Friktionsjord

Karakteristiskt värden bestäms från trycksonderingen samt tabell värden. Tungheten uppskattas utifrån erfarenhet då inga undersökningar finns för dessa. Viktsonderingskurvorna visar på 4 -6 MPa i nedrivningsmotstånd. Inget mantelmotstånd finns redovisat. Spetsen har vidare vridits vid nedrivning i friktionsjorden. Enligt hejarsonderingen 10-50 slag/0,2 m. Mestadels baserat på trycksonderingen bedöms friktionsjorden vara ha lös relativ fasthet lagrad de översta 2 -3 m för att sedan övergå till fast lagring. Enligt tabell (handboken bygg) erhålls ett karakteristiskt värde på 35 grader. Tungheten uppskattas till 20kN/m^3

Valda karakteristiska värden:

$\gamma_k = 20\text{kN/m}^3$

$\varphi_k = 35^\circ$

A.3. Val av karakteristiskt värde – Eurokod

Karakteristiska värdet väljs tas hänsyn till undersökningens typ, kvalitet och beroende på vilken konstruktion som skall utföras. För som i detta fall för en spont är har ett enskilt lågt värde mindre betydelse. Tabellvärden skall tillämpas med stor försiktighet

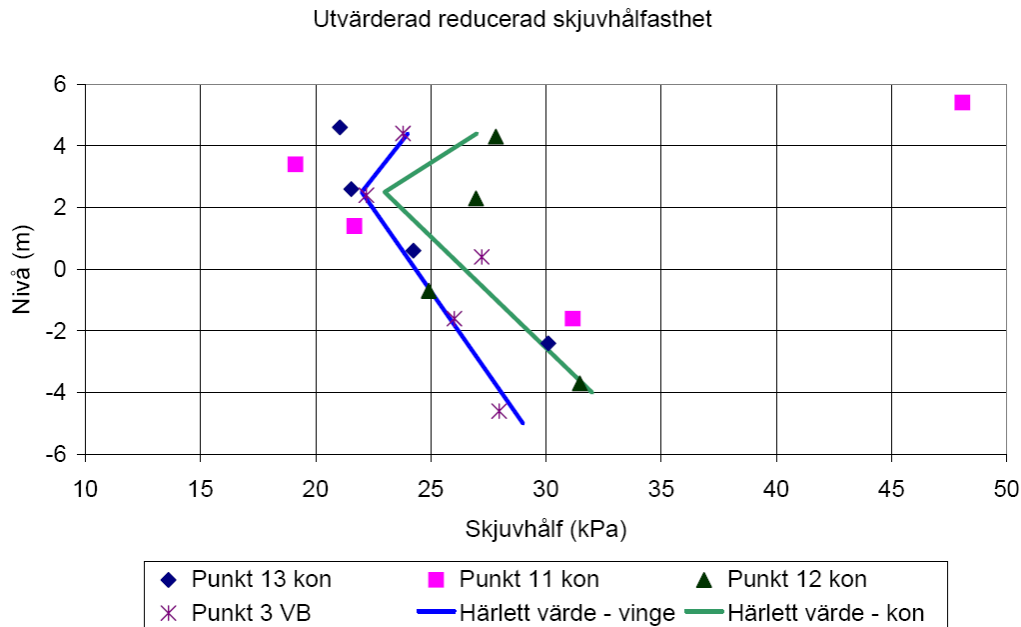
A.3.1. Från mätvärden till härledda värden

Fyllning

För fyllningen finns enbart trycksonderingsresultat som uppgår till mellan 2 och 10 MPa. Till detta finns materialbestämningar från störd provtagning, samt empiriska samband i form av tabellvärden. Härlett värde för fyllningen antas för trycksonderingen till 5 MPa.

Lera

Skjuvhållfastheten har utvärderats både enligt konförsök och vingförsök. För den aktuella konstruktionen, spont, skall en korrigerad skjuvhållfasthet med hänsyn till konflytgränsen tillämpas. Två olika trender med härledda värden tas fram, en för konförsöken och en för vingförsöken, se Figur 6. I den övre delen av jordprofilen tas hänsyn till att man har torrskorpa.



Figur 6 Härledda värden för skjuvhållfasthet bestämd med vinge respektive kon.

Friktionsjord

Viktsonderingskurvorna visar på 4 -6 MPa i nedrivningsmotstånd. Inget mantelmotstånd finns redovisat. Spetsen har vidare vridits vid nedrivning i friktionsjorden.

Hejarsonderingen visar 10-50 slag/0,2 m.

Mestadels baserat på trycksonderingen bedöms friktionsjorden vara ha lös relativ fasthet lagrad de översta 2 -3 m för att sedan övergå till medelfast lagring.

A.3.2. Från härlett värde via sammanvägt värde till karakteristiskt värde

Fyllning

Värdering av kvalitet

För att få ett försiktigt värderat värde, värderas först omfattningen på undersökningarna som ligger till grund för det härledda värdet och undersökningsmetodens tillförlitlighet.

Trycksonderingen har utförts i ett fåtal punkter och ger enbart ett relativt värde på fastheten. Detta indikerar att man vid sammanvägningen skall välja ett lågt värde.

Tabellvärden för friktionsvinkel och densitet är baserat på erfarenhet och avser naturligt lagrad jord. Om den aktuella fyllningen har motsvarande egenskaper är svårt att bedöma utifrån undersökningarna. Detta indikerar att man vid sammanvägningen skall välja ett lågt värde.

Koppling till typ av konstruktion

Man skall även koppla valet av karakteristiskt värde till typ av konstruktion. I det aktuella fallet med en spont, är inte 1 till 2,5 meter fyllning med låg friktionsvinkel avgörande för spontens brottmod eller deformationsrörelser. Ett medelvärde på egenskapen bör eftersträvas.

Vid sammanvägningen görs därför en försiktig värdering, dels utifrån värderat härlett värde från trycksonderingen, dels utifrån härlett värde från tabell till $\varphi_k = 30^\circ$ för friktionsvinkeln och $\gamma_k = 19 \text{ kN/m}^3$ för densiteten.

Lera

Värdering av kvalitet

Konförsöken är enligt Eurokod ett indexförsök, vilket innebär att man inte skall lägga lika stor betydelse på resultat från denna undersökningsmetod, som t.ex. vingförsöket. Men i det aktuella fallet har man omfattande erfarenhet av konförsök, och vet att de normalt sätt ger en tillfredställande bild av verklig skjuvhållfasthet (korrelation 1 till 1). Därför tas även den framtagna trenden från konförsöken med när man gör en sammanvägning av skjuvhållfastheten till ett karakteristiskt värde.

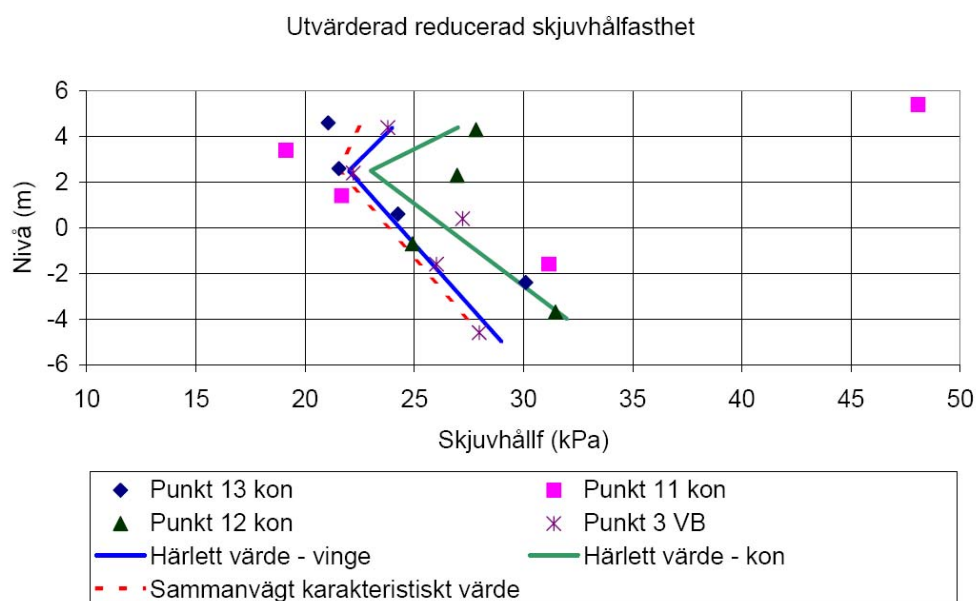
Spridningen i resultatet är i de övre delarna hög, vilket gör att ett lågt värde bör väljas.

Vingförsöket ger i och för sig ett direkt värde på skjuvhållfastheten, men undersökningarnas omfattning är starkt begränsat, ett försök!

Koppling till typ av konstruktion

På aktiv sidan så är det en relativt stor jordvolym som medverkar, vilket gör att ett medelvärde för hela jordvolymen kan medräknas. I det aktuella fallet är jordvolymen (lera) på den passiva sidan i princip lika stor, varför samma värde kan tillämpas. Om däremot jordvolymen på passiv sidan hade varit betydligt mindre, hade man fått överväga att välja ett något lägre värde (ett enstaka lågt värde har ju då större betydelse för konstruktionen).

Värderingen gör att man väljer en försiktigt värderad skjuvhållfasthet som är något lägre än medelvärdet.



Figur 7 Karakteristiskt värde för skjuvhållfastheten

Friktionsjord

Värdering av kvalitet

Av de utförda metoderna bedöms viktsonderingen och hejarsondering ge mest relevant uppskattning på jordens fasthet.

Koppling till konstruktion

Om spanten skall slås ner i friktionsjorden har valet av friktionsvinkel betydelse. Men konstruktionen är inte speciellt känslig för en variation med ett par grader.

Utifrån härlett värde från viktsondering och hejarsondering, väljs en försiktigt värderad friktionsvinkel från tabell till 33 grader. Tungheten uppskattas till 20kN/m^3

De sammanvägda värdena enligt föregående bedöms som tillräckligt försiktig värdering för att erhålla en tillfredställande säkerhetsnivå.

Följande karakteristiska värden väljs:

Fyllning

$$\gamma_k = 19\text{kN/m}^3$$

$$\phi_k = 30^\circ$$

Lera

C_{uk} enligt Figur 7, sammanvägt värde

Friktionsjord

$$\gamma_k = 20\text{kN/m}^3$$

$$\phi_k = 33^\circ$$

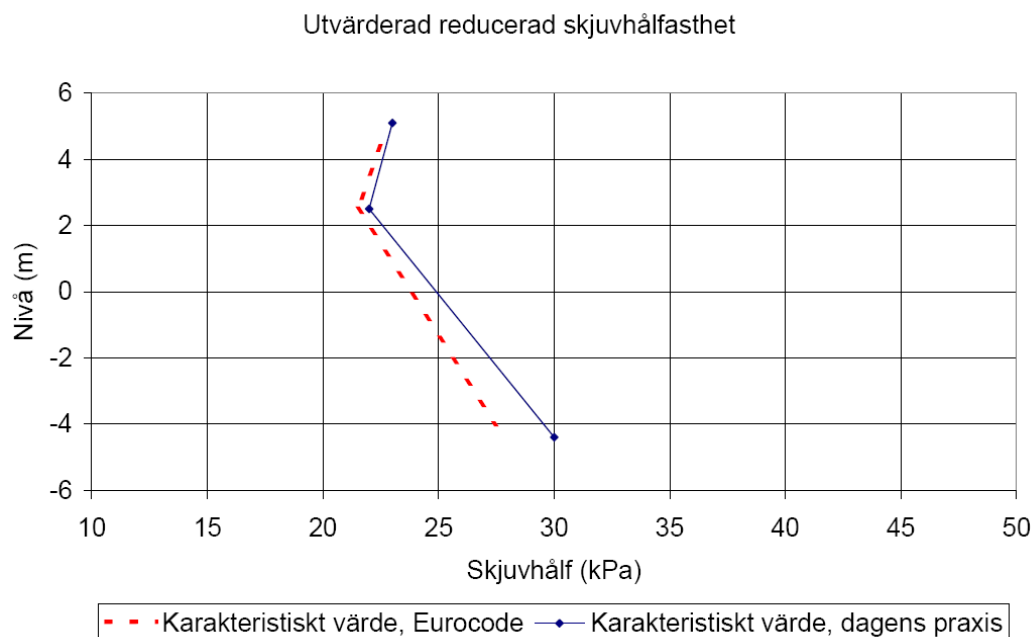
A.4. Diskussion

Den stora skillnaden mellan dagens praxis och Eurokod är den systematiska hanteringen av indata. Från mätdata via härlett värde, fortsatt med ett antal värderingar till man slutligen har ett försiktigt värderat värde som anges som karakteristiskt värde.

I Figur 8 redovisas karakteristiskt värde för det aktuella exemplet, dels enligt dagens praxis (heldragen linje), dels enligt Eurokod (heldragen linje), dels enligt Eurokod (hållbar linje).

Man bör notera att i den övre delen av leran så motsvarar den karakteristisk skjuvhållfasthet enligt Eurokod nästan den som fås med dagens praxis. Detta trots att man enligt Eurokod har tagit hänsyn till osäkerheten i materialparametrarna, vilket man enligt dagens praxis gör först när man applicerar en partialkoefficient.

Mot djupet är valde karakteristiskt värde lägre med Eurokod än med dagens praxis, vilket är rimligt eftersom man enligt BKR skall ta hänsyn till osäkerheten i värdena med partialkoefficienten.



Figur 8 Skillnaden mellan karakteristisk skjuvhållfasthet enligt dagens praxis jämfört med vid tillämpning av Eurokod.

Nedan görs en jämförelse mellan vilka dimensionerande värden som fås, för exemplet ovan enligt Eurokod och dagens praxis.

Dimensionerande skjuvhållfasthet enligt dagens praxis för nivån 2 m:

Partialkoefficienten väljs i intervallet 1,6 till 2,0 för aktuell skjuvhållfasthet, relativt stor osäkerhet i indata, välj γ_m 1,8.

Karakteristisk skjuvhållfasthet är 22 kPa.

Detta ger dimensionerande skjuvhållfasthet på **12 kPa**. (10,5 – 13,75 kPa)

Dimensionerande skjuvhållfasthet för nivån 2 meter enligt Eurokod:

Fix partialkoefficient γ_m 1,4

Karakteristisk skjuvhållfasthet c_{uk} 21,5 kPa

Detta ger en dimensionerande skjuvhållfasthet på **15 kPa**.

Innebär detta att det finns risk för att man enligt Eurokod tillgodoräknar sig för mycket eller är det så att man nu på ett systematiskt sätt beskriver verkligheten, och därmed får en bättre beskrivning av verkligheten. Om man tittar på en annan nivå (- 2 meter), vad händer då?

Dimensionerande skjuvhållfasthet enligt dagens praxis för nivån - 4 m:

Karakteristisk skjuvhållfasthet 29,5 kPa, med γ_m 1,8.

Detta ger dimensionerande skjuvhållfasthet på **16,4 kPa**. (14,75 – 18,4 kPa)

Dimensionerande skjuvhållfasthet för nivån -4 meter enligt Eurokod:

Karakteristisk skjuvhållfasthet c_{uk} 27,5 kPa , med γ_m 1,4

Detta ger en dimensionerande skjuvhållfasthet på **19,6 kPa**.

Exemplet visar på vikten av att välja sitt karakteristiska värde på ett sätt som gör att det är ett genomtänkt, ingenjörsmässigt värde. Om man tillgodoräknar sig ett för högt karakteristiskt värde, utan att beakta osäkerheten och göra de värderingar som Eurokod föreskriver, finns risk att man får en lägre säkerhet på konstruktionen än i dag.

B. Tillämpningsexempel 2 - pålar (applicering statistiskt synsätt)

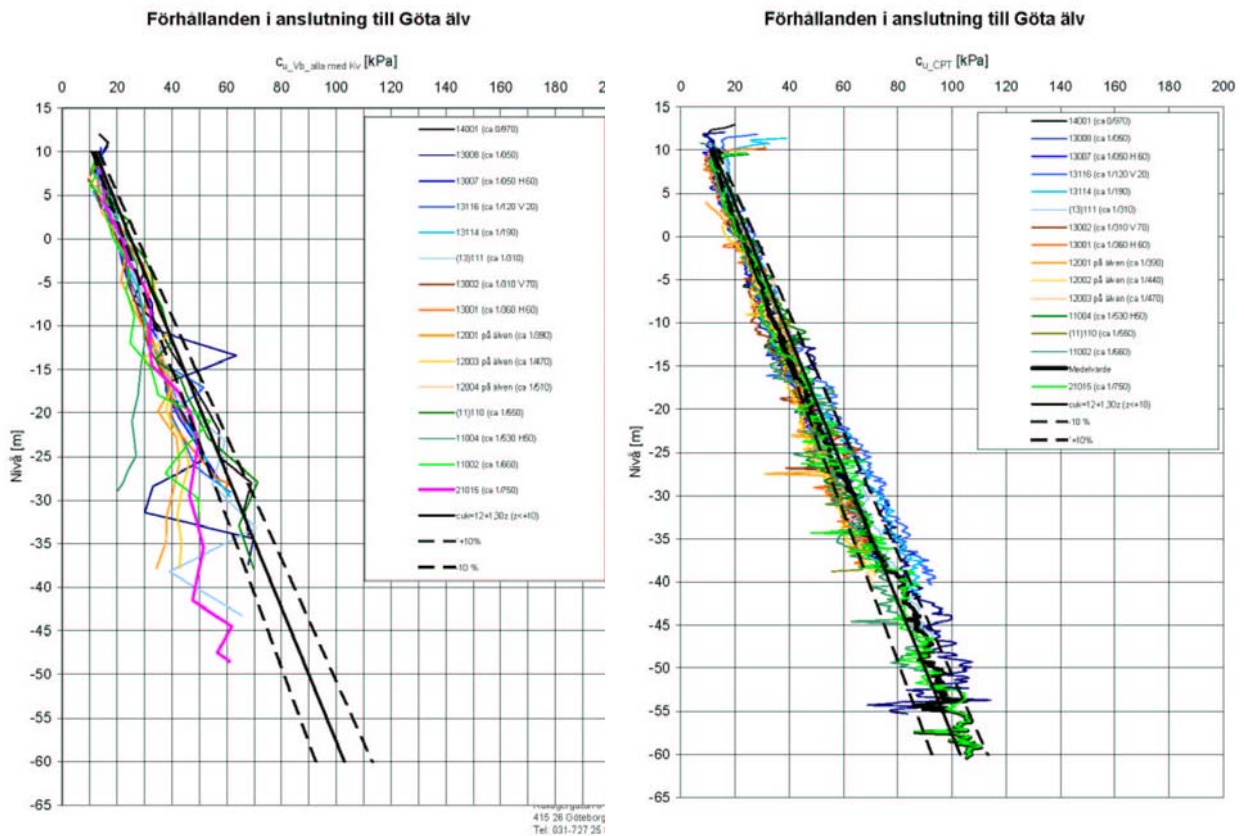
B.1. Beskrivning av projekt

En bankpålning med kohesionspålar skall utföras i ett mäktigt lerlager som sträcker sig som mest drygt 100 m. Lerans odränerade skjuvhållfasthet har uppmäts med vingborr, CPT, konförsök och odränerade direkta skjuvförsök på upptagna jordprover. Mätvärden samt härledda värden redovisas i Figur 9 och Figur 10.

B.2. Val av karakteristiskt värde – Eurokod

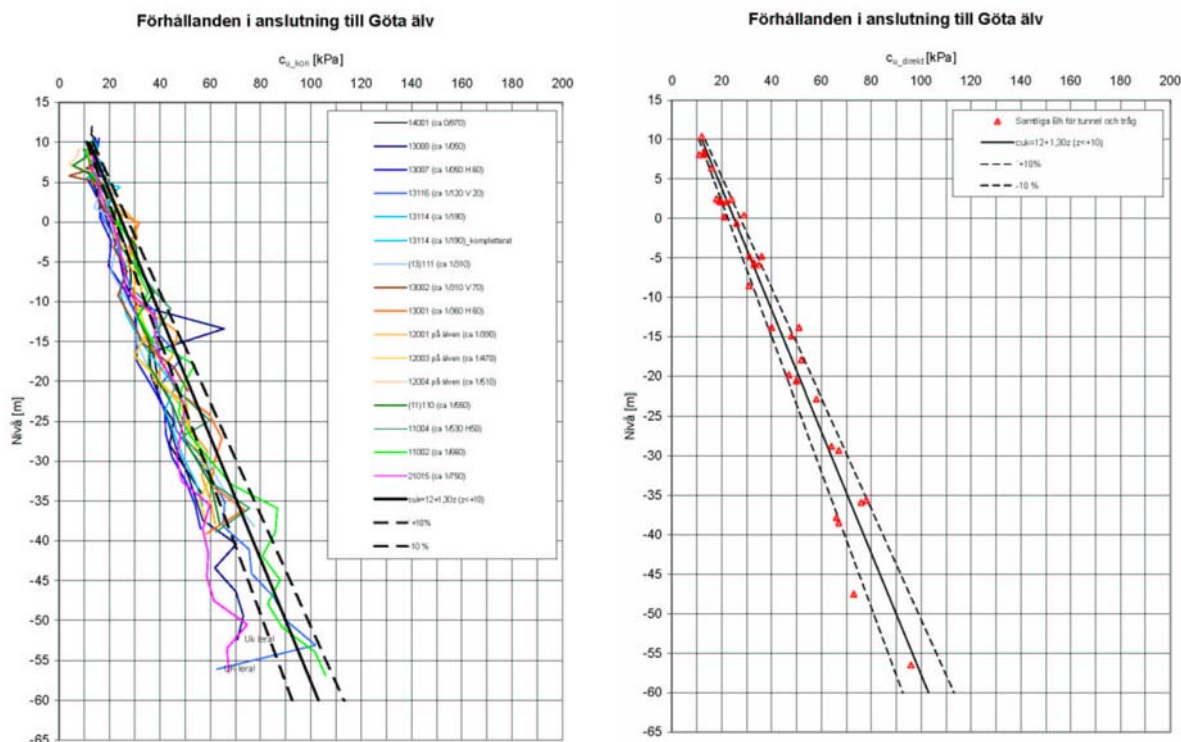
B.2.1. Från mätvärde till härledda värden

I Figur 9 redovisas resultat från vingborr försök respektive CPT utförda i det aktuella området. Medelvärdet kan ses som härledda värden för respektive metod.



Figur 9 Resultat (odränerad skjuvhållfasthet) från vingborrförsök respektive CPT-sonderingar för det aktuella området. Medelvärdet är markerat som en hel linje, sträckade linjer anger +10% respektive -10%

I området har även konförsök och skjuvförsök utförts, resultaten från dessa undersökningar redovisas i Figur 10.



Figur 10 Resultat (odränerad skjuvhållfasthet) från konförsök respektive skjuvförsök för det aktuella området. Medelvärde är markerat som en hel linje, sträckade linjer anger +10% respektive -10%

B.2.2. Från framtaget värde via sammanvägt värde till karakteristiskt värde

Värdering av kvaliteten

Omfattningen för samtliga undersökningsresultat är ovanligt omfattande och resultaten har en liten spridning för respektive metod.

Konförsöken klassas enligt Eurokod som indexförsök, och därför läggs mindre vikt vid dessa resultat.

CPT bygger på empiriska samband och förutsätter relevant information avseende konflytgränsen för att relevanta värden. Konflytgränsen finns i och för sig tillgänglig för området men skjuvförsök och vinge bedöms ha större relevans.

Vingförsöken bedöms ge relevanta resultat för djup ner till 20 meter, därunder bedöms värdena vara mera osäkra.

Skjuvförsöken bedöms vara de mätvärden som är mest tillförlitliga.

Koppling till konstruktion

Bankpålarna är mantelburna och de är därför hela jordvolymen som skall studeras vid bestämning av det karakteristiska värdet.

Medelvärdet av den utvärderade skjuvhållfastheten s_u baserat på skjuvförsöken är:

$$s_u = 12 + 1,30z \quad (z < +10)$$

Under förutsättningarna att kohesionspårens bärförmåga bestäms av medelvärdet av jordens odränerade skjuvhållfasthet och att skjuvhållfastheten i de olika provpunkterna är fullständigt okorrelerade kan den karakteristiska skjuvhållfastheten $s_{u,k}$ utvärderas statistiskt enligt följande samband:

$$s_{u,k} = s_u \left(1 - t_{\alpha/2} \cdot \frac{V}{\sqrt{n}} \right)$$

där $t_{\alpha/2}$ är en variabel med en t -distribution ("student t -distribution"), V är variationskoefficienten och n är antalet försök. Eftersom det är spridningen i hållfasthet mellan de olika borrhullarna som beaktas är antalet försök, n lika med 13 i det aktuella fallet. Skjuvhållfasthetens variationskoefficient är i storleksordningen 0,10. För att sannolikheten skall vara 95% för att skjuvhållfastheten är minst den beräknade är $t_{\alpha/2}=1,77$ för $n=13$. Den karakteristiska skjuvhållfastheten $s_{u,k}$ blir slutligen:

$$s_{u,k} = s_u \left(1 - 1,77 \cdot \frac{0,10}{\sqrt{13}} \right) = s_u \cdot 0,95$$

Den karakteristiska skjuvhållfastheten bestäms till det sammanvägda värdet ovan.

B.3. Diskussion

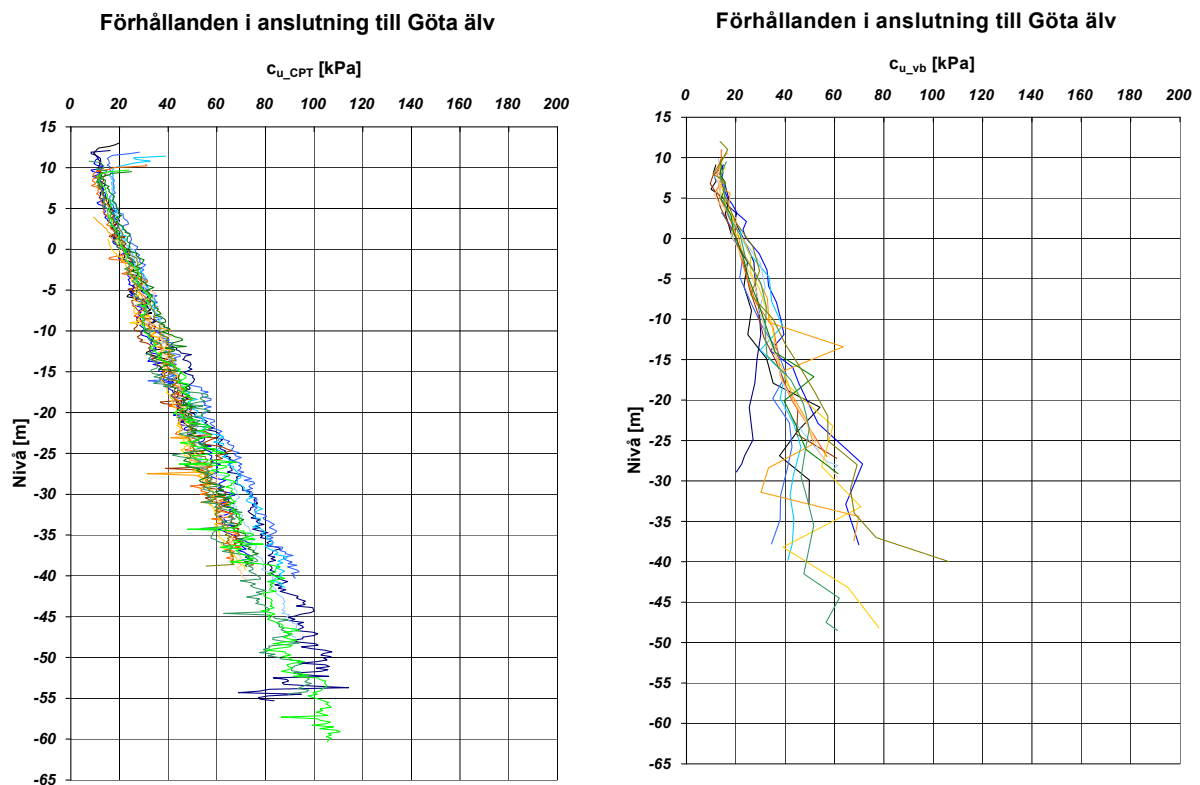
Statisk analys för att bestämma det karakteristiska värdet är ovanligt idag. Sannolikt kommer statistisk analys vara ovanlig även enligt Eurokod, utom för stora projekt där man har mycket indata.

Skillnaden blir snarare sättet att värdera indata, där man enligt Eurokod mera systematiskt värderar indata och väljer att inte beakta vissa metoder vid valet av karakteristiskt värde. I exemplet ovan har t.ex. onförsöken, CPT och vinge används enbart för att bekräfta trenden. Enligt dagens praxis hade man mera fokuserat på att välja ett medelvärde där även dessa metoder beaktades.

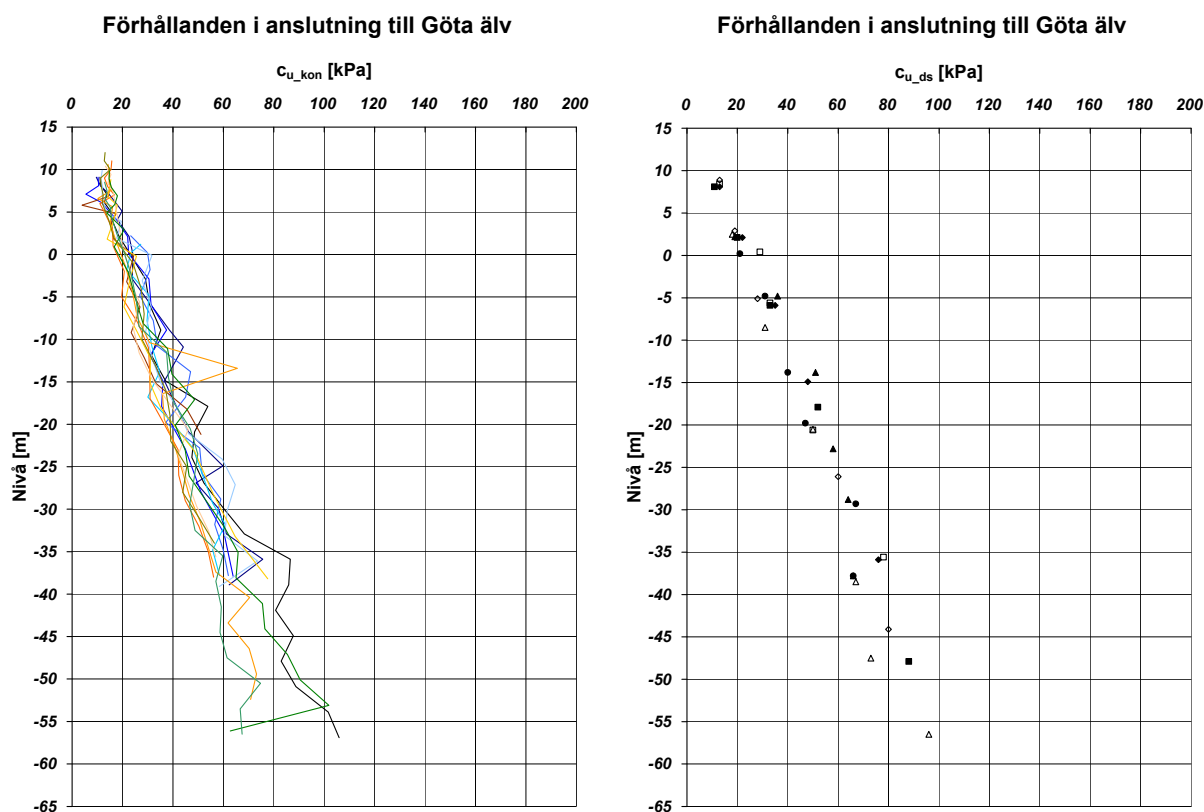
C. Tillämpningsexempel 3 - stabilitet

C.1. Beskrivning av projekt

En stabilitetsanalys för en vägbank skall utföras. Jordlagerföljden utgörs av drygt 100 m mäktig postglacial lera i Göteborgsområdet. Leran utgör en för området typisk normalkonsoliderad eller svagt överkonsoliderad lera. Lerans skjuvhållfasthet har uppmätts med vingborr och CPT i fält, respektive med fallkonförsök och odränerade direkta skjuvförsök på ostörda prover i laboratorium. Resultaten redovisas i Figur 11 och Figur 12. Samma underlagsmaterial har använts som i Tillämpningsexempel B.



Figur 11 Resultat (odränerad skjuvhållfasthet) från CPT-sonderingar respektive vingborrförsök för det aktuella området.



Figur 12 Resultat (odränerad skjuvhållfasthet) från fallkonförsök respektive direkta skjuvförsök för det aktuella området.

Inledningsvis kan konstateras att underlagsmaterialet är omfattande med resultat från ett flertal olika fält- och laboriemetoder, vilket kanske inte tillhör vanligheterna vid stabilitetsanalyser, eller allmänt vid geoteknisk projektering.

C.2. Val av karakteristiskt värde – dagens praxis

Enligt dagens praxis värderas resultat från olika undersökningsmetoder mot varandra. Vissa undersökningsmetoder anses vara mer tillförlitliga än andra, och får då en större tyngd i den samlade värderingen. Generellt brukar man t ex anta att vingborrförsöksvärden på större djup än cirka 20 m är mindre rättvisande. Friktionsjordsinblandning i leran anses allmänt även ge mindre rättvisande värden på den odränerade skjuvhållfastheten med vingförsök och fallkonförsök. Även fallkonförsök på prover från större djup anses vara mindre rättvisande, vilket beror på den spänningsrelaxation som prov sam tas upp från större djup genomgår före provning på laboratorium. Resultat från CPT-sonderingar anses kunna användas för att läsa ut trender vad gäller den odränerade skjuvhållfasthetsfördelningen med djupet, förekomsten av svagare skikt eller skikt med annan sammansättning etc. Däremot används sällan CPT-sonderingar som enda metod för att bestämma skjuvhållfasthetsfördelningar i jord.

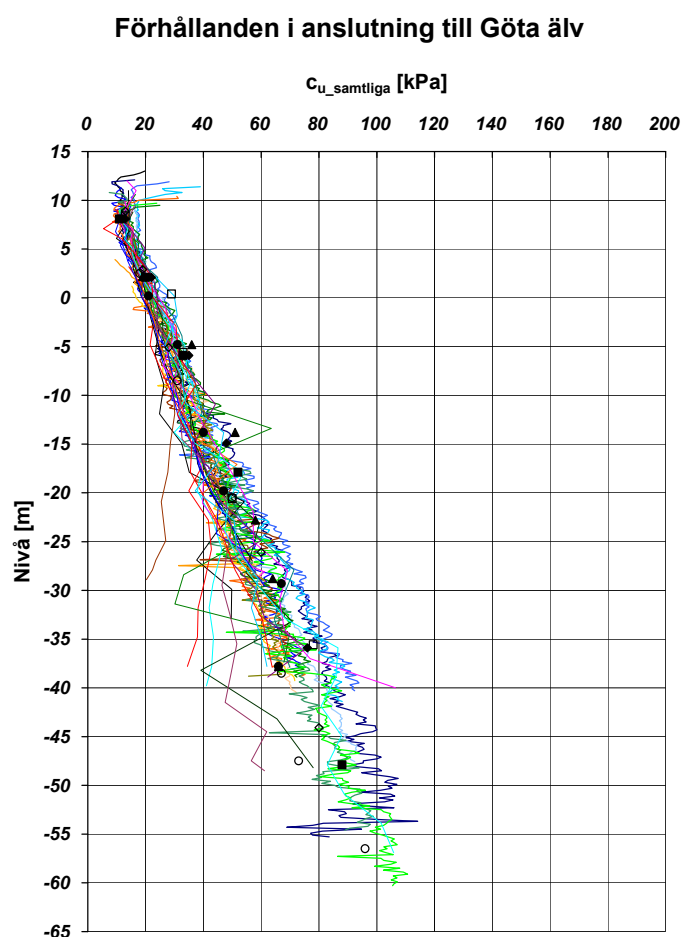
Vid osäkerheter används i allmänhet s k direkta skjuvförsök för att att kalibrera skjuvhållfasthetsvärden och fördelningar mot andra försök. Hållfasthetsvärden bestämda med direkta skjuvförsök anses nämligen ha störst tillförlitlighet, förutsatt att proven inte störts eller på annat sätt skadats eller påverkats innan provning genomförs. Det tillhör dock kanske inte

vanligheterna att direkta skjuvförsök utförs. I normalfallet föreligger resultat i huvudsak från vingborrförsök, fallkonförsök och CPT-sonderingar.

Sannolikt skulle en utvärdering av skjuvhållfasthet enligt dagens praxis gå till enligt följande:

- Om relevant delas det aktuella området för stabilitetsanalys in i delområden som geologiskt och/eller geotekniskt kan anses vara likvärdiga.
- Samtliga undersökningsresultat inom varje delområde sammanförs i sammanställningsdiagram.
- Karakteristisk skjuvhållfasthetsfördelning utvärderas.

Vid utvärderingen av den karakteristiska skjuvhållfasthetsfördelningen tas i beaktande bl a de olika metodernas tillförlitlighet vid bestämning under olika förhållanden och omständigheter. Praktiskt sett innebär detta att när tillgång finns till t ex direkta skjuvförsök av god kvalitet, tonas inverkan av vingförsök på större djup ned. Inverkan av fallkonförsök på utvärderingen tonas generellt ned, och särskilt på större djup än cirka 10 m, när resultat från andra, mer kvalificerade metoder finns att tillgå. En sammanställning av samtliga genomförda hållfasthetsbestämningar visas i Figur 13



Figur 13 Sammanställning av samtliga genomförda bestämningar av odränerad skjuvhållfasthet.

I figuren syns tydligt att resultaten från vingborrförsök generellt uppvisar lägre värden än från CPT-sonderingar och direkta skjuvförsök, och att avvikelsen blir större med djupet. Även resultaten från fallkonförsöken är generellt lägre, men inte i lika stor utsträckning som resultaten från vingborrförsöken. Resultaten från de direkta skjuvförsöken ansluter relativt väl till resultaten från CPT-sonderingarna, med en något större avvikelse mot stort djup.

Den karakteristiska skjuvhållfashetsfördelningen skulle främst väljas på basis av resultat från CPT-sonderingar och direkta skjuvförsök. Inverkan av vingförsök djupare än nivån ca -10 skulle sannolikt betraktas som mindre rättvisande. Osäkerheten i bestämningen hanteras med hjälp av partialsäkerhetsfaktorer i nästa steg. Det karakteristiska värdet ska i huvudsak spegla en rimlig approximation (medelvärdesbildning) av de faktiska resultaten och redovisas alltid med en partialsäkerhetsfaktor. Storleksordningen på denna väljs mot bakgrund av bl a osäkerheten i bestämningen av det karakteristiska värdet.

C.3. Val av karakteristiskt värde – Eurokod

C.3.1. Från mätvärde till härlett värde

Härledda värden ska bestämmas för varje metod för sig. Det innebär, att resultaten från CPT-sonderingar, vingförsök, fallkonförsök och direkta skjuvförsök inledningsvis behandlas individuellt var för sig, se figurerna i avsnitt C1.

Som härledda värden väljs lämpligen ett medelvärde, som lämpligen väljs som ett aritmetiskt medelvärde. Problem kommer här att uppstå t ex vid värderingen av resultat från vingborrförsök, vilka vi vet ger mindre rättvisande värden på större djup än cirka 20 m (oftast för låga värden). Vid utvärderingen av ett medelvärde för vingborr kan man därför välja att beakta denna effekt vid bestämning av ”derived values”, åtminstone om det finns någon annan indikation på att skjuvhållfastheten inte minskar på större djup. Sådana indikationer kan bestå av resultat från CPT-sonderingar i fält samt rutin- och ödometerförsök på laboratorium.

C.3.2. Från härlett värde via sammanvägt värde till karakteristiskt värde

Värdering av kvalitet

När utvärderingen enligt Eurokod har kommit så här långt, utförs en värdering som i mångt och mycket påminner om den som görs enligt dagens praxis. Vid övergången från härlett värde till sammanvägt värde skall nämligen kvaliteten hos försöksresultaten från de olika metoderna värderas och vägas gentemot varandra, för att på något sätt avgöra vilken, eller vilka, värden som ska få störst inflytande över det försiktigt värderade karakteristiska värdet. Om samtliga försöksresultat uppvisar likstämiga resultat blir denna värdering trivial. Normalfallet är dock att de olika metoderna inte ger helt likstämiga resultat, som t ex i detta tillämpningsexempel. Metodiken åskådliggörs i Figur 14.

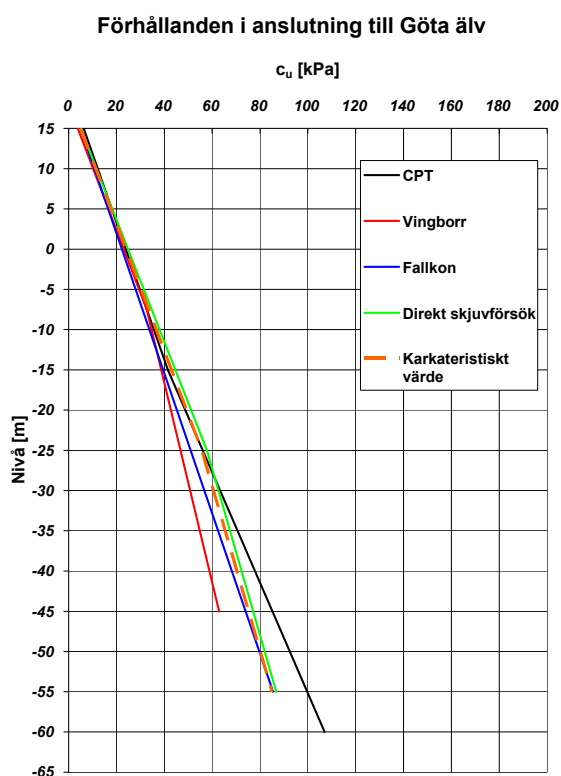
Enligt Eurokod kan fallkonförsök enbart användas som sk indexförsök, varför betydelsen av resultaten från dessa försök egentligen skall tonas ned väsentligt jämfört med dagens praxis. Dock kan, med viss rätt, hävdas att fallkonförsöken, mot bakgrund av att svenska ingenjörer utvecklat en praxis att utvärdera, beakta och behandla resultat från fallkonförsök, kan räknas

in i den samlade erfarenheten från aktuellt objekt. Således kan fallkonförsöken användas i utvärderingen.

Utvärderingen av skjuvhållfasthet från CPT-sondering görs via empiriska samband, i vilka bl a konflytgränsen ingår som parameter. I idealfallet har konflytgränser bestämts vid rutinförsök på ostörda jordprover på laboratorium, och då kan dessa användas vid utvärdering av CPT-sonderingar. Om så inte är fallet används ett erfarenhetsmässigt värde på konflytgränsen vid utvärderingen. För de flesta lösa, normalkonsoliderade, postglaciala lerorna stämmer detta erfarenhetsmässiga värde hyggligt. Men det är ändå en approximation, varför vikten av skjuvhållfasthetsvärden från CPT-sondering bör ges en något mindre betydelse jämfört med resultat från andra försök. Däremot ger CPT-sondering en utmärkt möjlighet att utvärdera trender och värdering av skiktning och jordlagerföljder.

Vingförsök ger erfarenhetsmässigt tillförlitliga resultat ned till ett djup av ca 20 m under markytan, förutsatt att leran är relativt homogen utan alltför stor friktionsjordsinblandning. Vingförsök beaktas därför ned till ett djup av cirka 20 m under markytan. Därunder avviker vanligtvis resultaten signifikant från andra metoder, varför betydelsen av vingborrförsök för större djup tonas ned.

Störst betydelse vid värderingen ges direkta skjuvförsök, förutsatt att dessa är av god kvalitet och proverna ej blivit störda före provning.



Figur 14 Härledda värden för samtliga undersökningsmetoder, vägs samman till ett karakteristiskt värde.

Koppling till konstruktion

Den utvärderade skjuvhållfastheten är medelskjuvhållfastheten som avser en i huvudsak horisontell glidyta utan att vara kopplad till någon speciell konstruktion. Om problemet avser släntstabilitet innebär det ofta att det finns en viss inbyggd säkerhet på grund av anisotropieffekter. För att verifiera dessa måste dock skjuvhållfastheten för andra skjuvplan bestämmas genom främst aktiva och eventuellt också passiva triaxialförsök.

Att inte beakta anisotropi i släntstabilitetsanalyser ger normalt resultat på säkra sidan.

C.4. Diskussion

Valet av karakteristiskt värde för exempelvis ovan kommer i princip att överensstämma rätt väl med vad som blir fallet med dagens praxis. Samma resonemang om och värderingar av metodens tillförlitlighet, representativitet osv görs, fast i olika steg och mer systematiskt än vad som kanske många gånger är fallet idag. Om underlaget hade varit mindre omfattande och av sämre kvalitet hade skillnaden mellan dagens praxis och Eurokod sannolikt blivit större.

Via medelvärdesbildningen metod för metod kan man se i figuren i avsnitt C.3. att utvärderad hållfasthet för de olika metoderna i stort överensstämmer ned till nivån cirka -15. Från denna nivå värderas resultatet från direkta skjuvförsök upp, eftersom dessa anses vara mest tillförlitliga, samtidigt som trenden från främst CPT-sonderingar beaktas. I detta fall visar dock CPT-sonderingarna en annan trend än de direkta skjuvförsöken (och fallkonförsöken för den delen), varför resultatet från de direkta skjuvförsöken får ligga till störst grund för valet av karakteristisk skjuvhållfasthet på nivåer under -15.

Intressant att notera är inverkan av omfattningen av försöksresultat, jämför figuren i avsnitt C.1. I detta tillämpningsexempel är vi så att säga lyckligt lottade, eftersom vi har omfattande försöksresultat. Om vi istället antar, även med dagens praxis, att försök endast skulle föreligga för vingborrförsök och fallkonförsök, skulle det karakteristiska värdet sannolikt bli väsentligt annorlunda än vad som nu blev fallet. Eller om vi bara hade haft resultat från enstaka CPT-sonderingar och vingborrförsök. Det är lätt att i det här exemplet inse, att precisionen i bestämningen av det karakteristiska värdet ökar med omfattningen av den geotekniska fält- och laboratorieinsatsen.

De karakteristiska värden på skjuvhållfastheten som normalt bestäms, och som de metoder vi använder är kalibrerade för, representerar ett horisontellt brottplan i jorden. För släntstabilitetsproblem innebär det att den skjuvhållfasthet som kan mobiliseras i släntens intermediära zon, dvs mellan aktiv- och passivzonen. Vid en korrekt värdering av skjuvhållfasthetsfördelningen skall jordens hållfasthetsanisotropi, där skjuvhållfastheten kommer att variera på brottplan med olika lutning, beaktas. Eftersom brottplanet (glidyta) lutning varierar, kommer även den maximala skjuvhållfastheten som kan mobiliseras längs glidyta att variera.

Det är emellertid svårt, för att inte säga omöjligt, att beakta detta vid värderingen och valet av karakteristiska värden på skjuvhållfastheten i jorden, utan att i så fall även undersöka hållfasthetsfördelningen i olika riktningar i jorden. Resultatet kommer då att bli ett antal olika uppsättningar hållfasthetsfördelningar med de olika metoder som valts för olika riktningar. Dessa fördelningar får var för sig behandlas och karakteristiska värden utvärderas för olika

riktningar i jorden. Därefter kan en samlad karakteristisk hållfasthetsvärdering för jorden formuleras.

Av naturliga skäl kan flera olika uppsättningar karakteristiska värden på hållfasthetsfördelningen för olika riktningar i jorden inte bestämmas. Det skulle vara både för dyrbart och för tidskrävande. Om det är väsentligt att beakta anisotropiska hållfasthetsegenskaper får detta istället göras i beräkningsmodellen med någon form av funktion som enligt den samlade erfarenheten ger god överensstämmelse med verkliga förhållanden. Att inte beakta hållfasthetsanisotropi, utan enbart använda hållfastheten motsvarande horisontella brottplan, ger resultat på säkra sidan i en efterföljande stabilitetsanalys.

D. Tillämpningsexempel 4 – sättningar

D.1. Beskrivning av projekt

En vägbank skall dimensioneras med avseende på sättningar. I Figur 15 återfinns en principsektion för vägbanken som är ca 8 meter hög i den aktuella sektionen.

Jordlagerprofilen består överst av 5-6 meter sand som mot djupet blir allt mer siltig. Under sanden återfinns 5-6 meter siltig lera. Grundvattenytan ligger ca 0,5 meter under markytan.

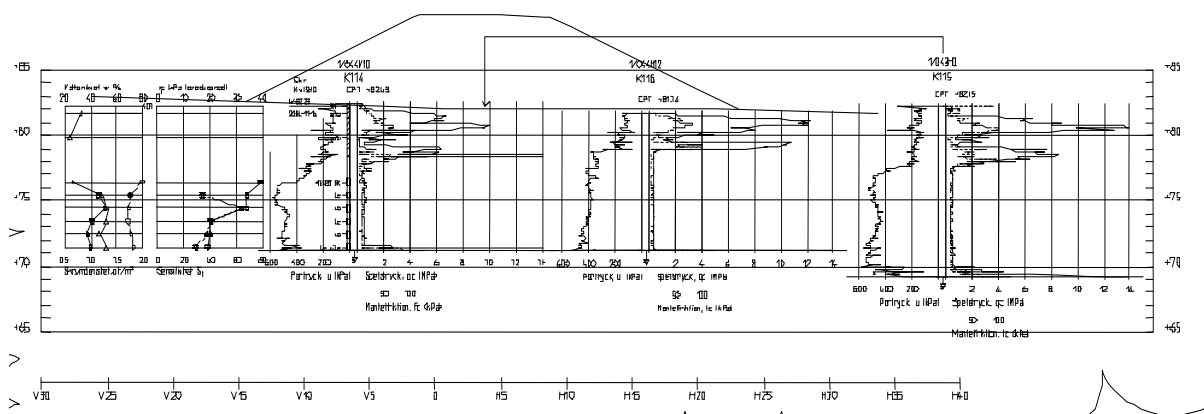
I den aktuella sektionen och närliggande sektioner har ostörd provtagning utförts i 3 punkter, varav CRS försök har utförts i 2 av dessa punkter (K119 respektive LRYR 1009).

I det aktuella fallet är det sättningar för en bank som skall studeras, och man skall göra en prognos på vilka sättningar som man kan förväntas. Eftersom det är troliga/verklig sättning som skall användas som referensvärden vid sättningsuppföljning som skall beräknas, bör man enligt kapitel 4.8 överväga hur man väljer indatan.

”För sättningsuppföljning, vilket innebär att man vill beräkna en trolig/verklig sättning. Ett karakteristiskt värde som är en försiktig värdering, skulle i detta fall kunna ge ett för lågt värde (beronde på hur stor osäkerhet som finns i indatan). Vid uppföljning bör man därför överväga att använda materialvärden som har lika stor sannolikhet att överskridas som att underskridas. Vilket innebär att materialvärdet skall ge en så sann bild som möjligt av medelvärdet för en större volym.”

I exemplet nedan har valts att visa hur man bestämmer indata för en sättningsuppföljning, eftersom detta är en vanlig situation för en bank. I diskussionen nämns något om skillnaden som blir om man istället skall använda materialegenskaperna för att bestämma en dimensionerande sättning som jämförs med ställda krav.

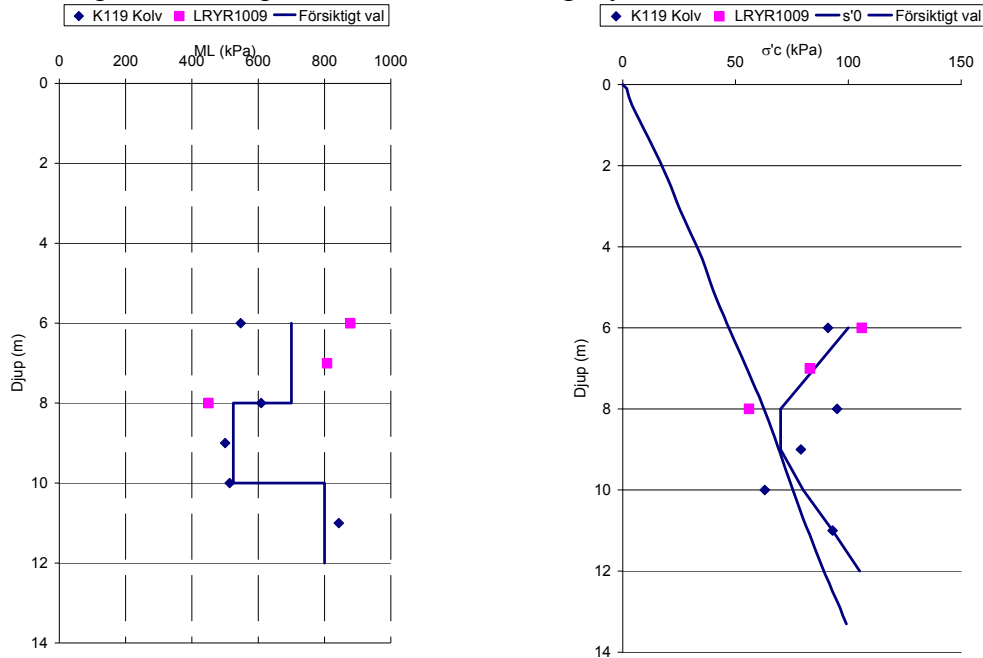
I exemplet har valts att enbart studera sättningar som uppstår i leran.



Figur 15 Principsektion

D.2. Val av karakteristiskt värde – dagens praxis

Det karakteristiska värdet bestäms genom att sammanställa resultaten från CRS-försöken, och utifrån resultatet bedöma en relevant modul respektive förkonsolideringstryck. För att underlätta beräkningarna, delar man ofta jordprofilen i skikt där man antar representativa värden på modul respektive förkonsolideringstryck.



Figur 16 Karakteristiskt värde för modul och förkonsolideringstryck enligt dagens praxis.

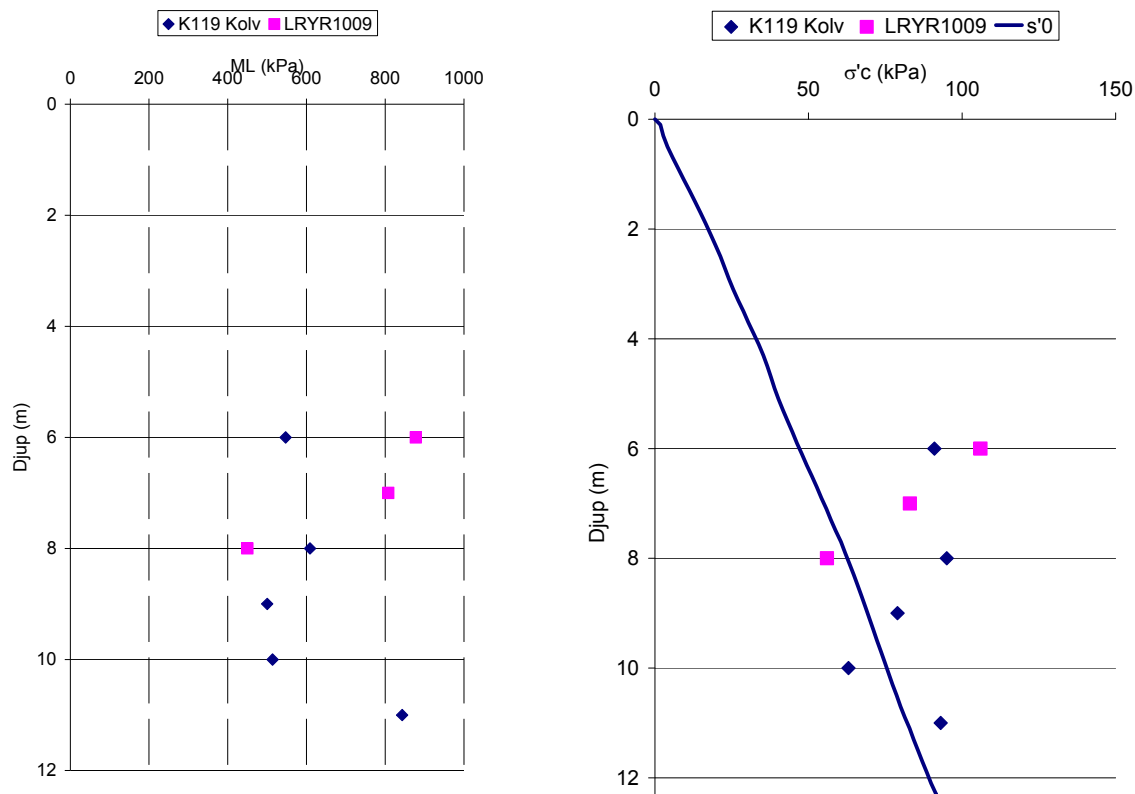
D.3. Val av karakteristiskt värde – Eurokod

Karakteristiskt värde skall bestämmas dels för modulen i leran, dels för förkonsolideringstrycket.

Sättningsberäkningarna är avsedda att användas för en sättningsuppföljning och man skall därför välja ett så sant värde på de karakteristiska värdena som möjligt, se vidare resonemang i kapitel 4.8 och D.1.

D.3.1. Från mätvärde till härlett värde

Uppmätta moduler och förkonsolideringstryck för de två borrhålen med CRS redovisas i Figur 17.



Figur 17 Uppmätta moduler och förkonsolideringstryck

D.3.2. Från härlett värde via sammanvägt värde till karakteristiskt värde

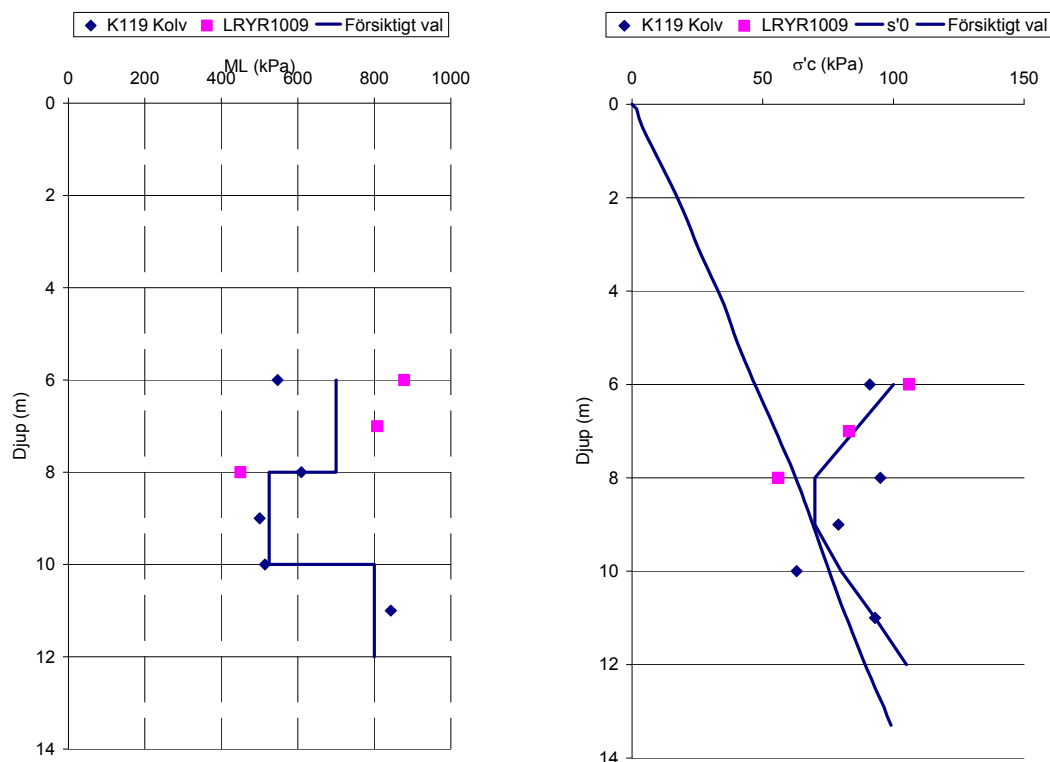
Värdering av kvaliteten

För att bestämma deformationsegenskaperna i en lera är CRS-försök den metod som ger bästa resultat. För det aktuella projektet bedöms omfattningen på undersökningarna vara tillfredställande. Spridningen i resultat är relativt stor, en skillnad på 300 kPa i modul och upp till 40 kPa i förkonsolideringstryck. Detta kan möjligen förklaras av lerans siltinnehåll som kan ha påverkat laboratorieundersökningarna.

Koppling till konstruktion

Problemet som skall analyseras är ett sättningsproblem för en långvarig last. Modulen från CRS bedöms som relevant. En bit som inte tagits med i detta exempel men som påverkar är portrycksituationen i området.

Ett sammanvägt värde skall för sättningssuppföljning väljas som ett värde som är lika sannolikt att överskridas som att underskridas, jämför kapitel 4.8. I Figur 18 redovisas valt värde för modulen och förkonsolideringstrycket.



Figur 18 Sammanvägt värde på modul och förkonsolideringstryck

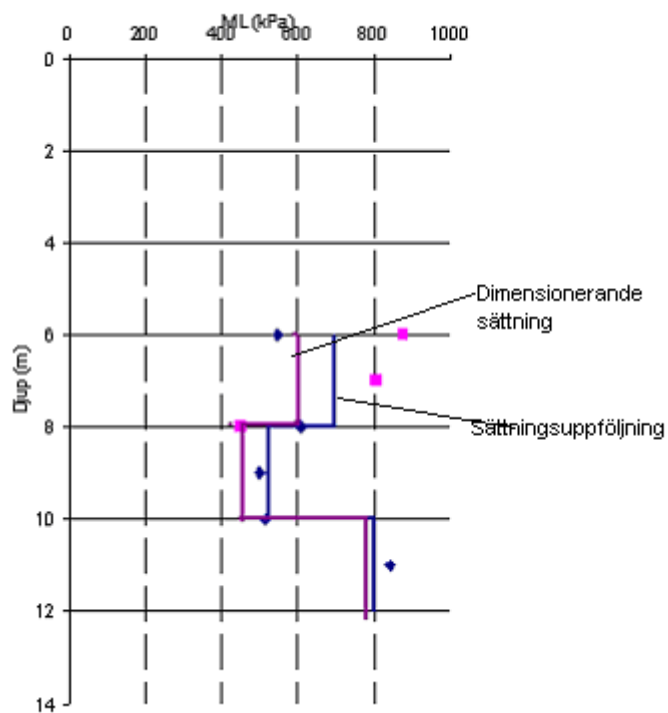
Det valda värdet används som karakteristiskt värde vid beräkningen av sättningarna. Ett ”sant” värde på erhållna sättningar eftersträvas, och säkerhet läggs istället i de krav som ställs på maximalt tillåtna sättningar.

D.4. Diskussion

I kapitel 4.8 påpekas att man vid beräkning av sättningar måste särskilja på två fall; dimensionering och sättningsuppföljning.

I ovanstående exempel så beskrivs valet av karakteristiskt värde för en sättningsuppföljning. I det aktuella fallet är undersökningsmaterialet begränsat, vilket ger att ett försiktigt värderat värde (karakteristiskt värde enligt Eurokod) blir lägre än ett värde som har lika stor chans att överskridas som att underskridas. Om man däremot har ett omfattande undersökningsmaterial, med liten spridning, kommer skillnaden mellan de två värdena att vara begränsad.

Vad blir det för skillnad om man i exemplet ovan istället skall bestämma den dimensionerande sättningen? Det karakteristiska värdet skall då väljas enligt metodiken beskriven tidigare i denna rapport. I Figur 19 redovisas det karakteristiska värdet som man får om man tar hänsyn till att man har en osäkerhet i indata och en begränsad mängd data.



Figur 19 Skillnad mellan "karaktéristiskt" värde för modulen vid sättningsuppföljning och dimensionering.

Detta innebär att vid beräkning av sättningar, speciellt om man har liten omfattning på indata, måste man vara tydlig med att definiera om det "karaktéristiska" värdet skall användas för sättningsuppföljning eller dimensionering.

E. Vad gäller framöver enligt EN1990 och EN 1997-1?

Sedan drygt tjugo år har man i CEN (europeiska standardiseringsorganet) arbetat med att ta fram enhetliga europeiska dimensioneringsregler för byggbranschen, Eurokod. I dagsläget finns både grundläggande dimensioneringsregler, Basis of structural design EN 1990 och EN 1997-1 som berör dimensionering av geokonstruktioner som svensk standard. Nationellt annex för EN1997-1 kommer inom kort.

Begreppet karakteristiskt värde ges i dessa standarder en något annorlunda innebörd än den tillämpning som håller på att stabiliseras i Sverige utifrån BKR:s regler.

Nedan ges ett antal utdrag ur de olika standarderna som visar vad som står skrivet. I kapitel 3 kommer sedan ett förslag till tolkning av reglerna och i efterföljande kapitel applicering av tolkningen på fyra olika praktikfall.

E.1. Utdrag ur EN 1990 (Basis of design)

E.1.1. Karakteristiskt värde (X_k eller R_k) (avsnitt 1.5.4.1)

”Värde på en materialegenskap eller egenskap hos en produkt som har en föreskriven sannolikhet att inte uppnås i en hypotetisk obegränsad provningsserie. Detta värde motsvarar normalt en angiven fraktil av den antagna statistiska fördelningen hos den aktuella material- eller produktenskapen. Under vissa omständigheter används ett nominellt värde som karakteristiskt värde”

Kommentar: För betong och stål är ambitionen att välja karakteristiskt värde som 5%-fraktilen, vilket förmodligen är mer konservativt synsätt än nuvarande geotekniska praxis.

E.1.2. Karakteristiskt värde för en geometrisk egenskap (a_k) (avsnitt 1.5.5.1)

”Värde som vanligtvis motsvarar de mått som anges vid dimensioneringen. Där så är lämpligt kan värden för geometriska egenskaper motsvara vissa föreskrivna fraktiler i den statistiska fördelningen”

Kommentar: För geometriska storheter är normalförfarandet att använda “mått på ritning”, dvs. utan hänsyn till toleranser. Detta är rimligtvis ett “medelvärde”

E.1.3. Karakteristiska värden för laster (avsnitt 4.1.2)

” (1)P Det karakteristiska värdet F_k för en last är dess mest representativa värde, och det skall anges:

- som ett medelvärde, ett övre eller undre värde, eller ett nominellt värde (som inte kan hänföras till en känd statistisk fördelning) (se EN 1991) ;*
- i bygghandlingarna, under förutsättning av att en tillämpning som är konsekvent med metoderna som anges i EN 1991 uppnås.*

(2)P Det karakteristiska värdet för en permanent last skall bestämmas enligt följande:

- om variationerna hos G kan anses vara små kan ett enda värde G_k tillämpas;*
- om variationerna hos G inte kan anses vara små skall två värden tillämpas: ett övre värde $G_{k,sup}$ och ett undre värde $G_{k,inf}$.*

(3) Variationen hos G kan försummas om G inte varierar markant under bärverkets avsedda livslängd och dess variationskoefficient är liten. G_k bör då sättas lika med medelvärdet.

Anmärkning: Variationskoefficienten kan vara i intervallet 0,05 till 0,10 beroende på typen av bärverk.

(4) I fall där bärverket är mycket känsligt för ändringar av G (t.ex. vissa typer av förspända betongkonstruktioner), bör två värden användas även om variationskoefficienten är liten. Då är $G_{k,inf}$ 5-procentsfraktilen och $G_{k,sup}$ 95-procents-fraktilen av den statistiska fördelningen för G , som kan antas vara normalfördelad.

(5) Bärverkets egentyngd kan representeras av ett enda karakteristiskt värde och beräknas på grundval av nominella mått och massans medelvärde, se EN 1991-1-1.

Anmärkning: Beträffande sättningar hos geokonstruktioner, se EN 1997.”

Kommentar: I geoteknik är det speciellt egenvikt jord som berörs av den aktuella paragrafen. Dvs att välja medelvärdet för egenvikten som karakteristiskt värde stämmer med etablerad praxis. En intressant fråga i geotekniska sammanhang är dock om egenvikt jord är en last eller en materialegenskap, vilket har avsevärd betydelse i ansättandet av partialkoefficienter. Har däremot ingen betydelse för valet av karakteristiska värden.

E.1.4. Material- och produktegenskaper (Avsnitt 4.2)

”(1) Egenskaper hos material (inklusive jord och berg) eller produkter bör beskrivas som karakteristiska värden (se 1.5.4.1).

(2) När verifiering av ett gränstillstånd är känslig för variationer hos en materialegenskap, bör övre och undre karakteristiska värden för materialegenskapen beaktas.

(3) Såvida inget annat anges i EN 1991 t.o.m. EN 1999:

- bör det karakteristiska värdet definieras som 5-procentsfraktilen, om ett undre värde för en material- eller produktegenskap är ogynnsamt;
- bör det karakteristiska värdet definieras som 95-procentsfraktilen, om ett övre värde för en material- eller produktegenskap är ogynnsamt.

(4)P Värden på materialegenskaper skall bestämmas utifrån standardiserade provningar utförda under väl definierade förhållanden. Där det är nödvändigt att omvandla provningsresultat till värden som kan antas representera materialets eller produktens beteende i bärverket eller undergrunden skall en omräkningsfaktor tillämpas.

(5) Där erforderliga statistiska data saknas för att fastställa karakteristiska värden för material- eller produktegenskaper, kan nominella värden väljas som karakteristiska värden eller så kan dimensioneringsvärden för egenskapen fastställas direkt. Där övre eller undre dimensioneringsvärden för en material- eller produktegenskap fastställs direkt (t.ex. friktionskoefficienter, dämpningsegenskaper), bör de väljas så att mer ogynnsamma värden

skulle påverka sannolikheten av att uppnå det aktuella gränstillståndet i samma grad som för andra dimensioneringsvärden.

(6) När skattning av ett övre hållfasthetsvärde erfordras (t.ex. för åtgärder vid en kapacitetsdimensionering och för draghållfastheten hos betong för beräkning av effekter av indirekta laster) bör ett karakteristiskt övre värde för hållfastheten beaktas.

(7) De reduktioner av aktuell materialhållfasthet eller bärförmåga hos produkter som beror på effekter från upprepade belastningar anges i EN 1992 t.o.m. EN 1999 och kan leda till en reduktion av bärförmågan med tiden på grund av utmattning.

(8) Bärverkets styvhetsparametrar (t.ex. elasticitetsmodul, kryptal) och termiska längdutvidgningskoefficienter bör representeras av ett medelvärde. Olika värden bör tillämpas för att beakta lastens varaktighet.

Anmärkning: I vissa fall kan ett lägre eller högre värde än medelvärdet behöva beaktas för elasticitetsmodulen (t.ex. vid instabilitet).

(9) Värden för material- eller produktens kaper anges i EN 1992 t.o.m. EN 1999 och i harmoniserade europeiska tekniska specifikationer eller andra dokument. Om värden tas från produktstandarder utan att vägledning om hur dessa skall tolkas ges i EN 1992 t.o.m. EN 1999 bör det mest gynnsamma värdet användas.

(10) Där en partialkoefficient för material eller produkter erfordras skall ett försiktigt valt värde användas såvida inte lämplig statistisk information finns för att bestämma det valda värdets tillförlitlighet.

Anmärkning: Där så är aktuellt tas lämpligen hänsyn till att använda material/produkter eller metoder är obeprövade.”

Kommentar:

(3) medför att ”medelvärdet” inte är relevant såvida man inte kan finna stöd för detta i EN 1997

(4) medför att det inte duger med ”mekanisk” mätprocedur för att bestämma karakteristiska värden utan man måste beakta vilken relevans mätta värden har i förhållande till verkligt uppträdande i en färdig konstruktion.

(9) medför att man inte får lita för mycket på producenter eller standardiseringsarbete utanför sfären ”EN 1992-99”

E.2. Utdrag ur EN 1997-1 (Geotechnical design)

Nedan ges ett antal viktiga definitioner

E.2.1. Ground (avsnitt 1.5.2.3)

“Soil, rock and fill in place prior to the execution of the construction works”

E.2.2. Structure (avsnitt 1.5.2.4)

“Organised combination of connected parts, including fill placed during execution of the construction works, designed to carry loads and provide adequate rigidity”

Kommentar: Definitionerna på *ground* resp *structure* förefaller inte så genomtänkta i geotekniska sammanhang. Exempel, jorden i en jordspikad slänt är ett jordmaterial medan jorden i en armerad bank är ett konstruktionsmaterial. Dessutom, skulle man gå tillbaka och förstärka banken med jordspikar efter ett tag består banken nu av jord. Om detta medför några konsekvenser i praktiken återstår att se.

E.2.3. Derived value (avsnitt 2.4.5.1)

“Value of a geotechnical parameter obtained by theory, correlation or empiricism from test results”

Kommentar: Begreppet *derived value* är av central betydelse vid tolkning av mätresultat från fält- och laboratorieundersökning. Det är ett nytt begrepp, infört i EN-1997-2 (fält- och labdelen), och kan ses som ett mellanvärde mellan mätresultat och karakteristiskt värde. Två olika metoder för att bestämma en materialegenskap kan resultera i olika “derived values” men bara ett karakteristiskt värde. Med det här begreppet är det “omöjligt” att bestämma karakteristiskt värde som mätt medelvärde.

E.2.4. Characteristic values of geotechnical parameters (avsnitt 2.4.5.2)

(1)P The selection of characteristic values for geotechnical parameters shall be based on derived values resulting from laboratory and field tests, complemented by well-established experience.

(2)P The characteristic value of a geotechnical parameter shall be selected as a cautious estimate of the value affecting the occurrence of the limit state.

(3)P The greater variance of c' compared to that of $\tan \phi'$ shall be considered when their characteristic values are determined.

(4)P The selection of characteristic values for geotechnical parameters shall take account of the following:

- geological and other background information, such as data from previous projects;*
- the variability of the measured property values and other relevant information, e.g. from existing knowledge;*
- the extent of the field and laboratory investigation;*
- the type and number of samples;*
- the extent of the zone of ground governing the behaviour of the geotechnical structure at the limit state being considered;*
- the ability of the geotechnical structure to transfer loads from weak to strong zones in the ground.*

(5) Characteristic values can be lower values, which are less than the most probable values, or upper values, which are greater.

(6)P For each calculation, the most unfavourable combination of lower and upper values of independent parameters shall be used.

(7) The zone of ground governing the behaviour of a geotechnical structure at a limit state is usually much larger than a test sample or the zone of ground affected in an in situ test. Consequently the value of the governing parameter is often the mean of a range of values covering a large surface or volume of the ground. The characteristic value should be a cautious estimate of this mean value.

(8) If the behaviour of the geotechnical structure at the limit state considered is governed by the lowest or highest value of the ground property, the characteristic value should be a cautious estimate of the lowest or highest value occurring in the zone governing the behaviour.

(9) When selecting the zone of ground governing the behaviour of a geotechnical structure at a limit state, it should be considered that this limit state may depend on the behaviour of the supported structure. For instance, when considering a bearing resistance ultimate limit state for a building resting on several footings, the governing parameter should be the mean strength over each individual zone of ground under a footing, if the building is unable to resist a local failure. If, however, the building is stiff and strong enough, the governing parameter should be the mean of these mean values over the entire zone or part of the zone of ground under the building.

(10) If statistical methods are employed in the selection of characteristic values for ground properties, such methods should differentiate between local and regional sampling and should allow the use of a priori knowledge of comparable ground properties.”

(11) If statistical methods are used, the characteristic value should be derived such that the calculated probability of a worse value governing the occurrence of the limit state under consideration is not greater than 5%.

NOTE In this respect, a cautious estimate of the mean value is a selection of the mean value of the limited set of geotechnical parameter values, with a confidence level of 95%; where local failure is concerned, a cautious estimate of the low value is a 5% fractile.

(12)P When using standard tables of characteristic values related to soil investigation parameters, the characteristic value shall be selected as a very cautious value.

Kommentar:

Ett försök till sammanfattning av vad detta innebär:

Föreskrivet, dvs. ovillkorligen enligt Eurocode gäller följande att ett karakteristiskt värde är :

- Ett försiktig valt värde baserat på fält och labresultat + välkänd kunskap och bestämt utifrån aktuell problemtyp.

Hänsyn skall tas till:

- Förhandskunskap
- Omfattning och typ av grundundersökning
- Involverad jordvolym
- Möjlighet till spänningsomlagring

Allmänna råd enligt Eurocode, dvs. möjlighet även till andra val:

Hur försiktigt val?

Sannolikheten för misslyckande, dvs ett osäkert val skall vara 5%. Detta medför olika angreppssätt beroende på problemtyp och utförande av geokonstruktion. Det enkla fallet är om en och endast en parameter medför lokalt brott = Karakteriskt värde 5%-fraktil. Däremot om man har flera parametrar och/eller stor involverad jordvolym = Karakteristiska värden >5%-fraktilen. Dvs de enskilda karakteristiska värdena kan väljas mindre konservativt Resultat blir att vi får olika karakteristiska värden för samma jord men olika problemtyper.

E.2.5. Characteristic values of geometrical data (avsnitt 2.4.5.3)

(1)P Characteristic values of the levels of ground and ground-water or free water shall be measured, nominal or estimated upper or lower levels.

(2) Characteristic values of levels of ground and dimensions of geotechnical structures or elements should usually be nominal values.

Kommentar: Principen för att bestämma grundvattenytan låter enkel, men kanske inte så enkelt i praktiken samtidigt som den är mycket viktigt.

Valet mellan “nominal” eller “upper or lower levels” förefaller vara två olika principer. Det första utan hänsyn till toleranser, det andra med hänsyn till toleranser. Skall detta val vara fritt för grundvatten och porttryck? En följd fundering, hur bestäms karakteristiska värden för artesisikt tryck?

E.3. Beskrivning av jord från EN1997-1

E.3.1. Characterisation of soil and rock type (avsnitt 3.3.2)

(1)P The character and basic constituents of the soil or rock shall be identified before the results of other tests are interpreted.

(2)P The material shall be examined, identified and described in accordance with a recognised nomenclature. A geological evaluation shall be made.

(3) Soils should be classified and soil layers described according to an acknowledged geotechnical soil classification and description system.

(4) Rock should be classified in terms of the quality of the solid (stone) material and jointing. Stone quality should be described in terms of weathering, particle organisation, dominant grain, size of minerals, and hardness and toughness of the main mineral. Jointing should be characterised in terms of joint type, width, spacing and fill quality.

(5) In addition to visual inspection, a number of tests for classification, identification and quantification of soils and rocks may be used (see EN 1997-2), such as for soils:

- grain size distribution;*
- weight density;*
- porosity;*
- water content;*

- grain shape;
- grain surface roughness;
- density index;
- Atterberg limits;
- swelling;
- carbonate content;
- organic matter content.

E.3.2. Weight density

(1)P The weight density shall be determined with sufficient accuracy to establish design or characteristic values of the actions that derive from it.

(2) The weight density should be determined on specimens of soil and rock taken from undisturbed samples (see EN 1997-2). Alternatively, it may be derived from well established or documented correlations based on, for example, penetration tests.

E.3.3. Density index

(1)P The density index shall express the degree of compaction of a non-cohesive soil with respect to the loosest and densest condition as defined by standard laboratory procedures.

E.3.4. Degree of compaction

(1)P The degree of compaction of natural ground or fill shall be expressed as the ratio between dry weight density and maximum dry weight density obtained from a standard compaction test.

E.3.5. Shear strength

(1)P In assessing the shear strength of soil, the influence of the following features shall be considered:

- the stress level imposed on the soil;
- anisotropy of strength, especially in clays of low plasticity;
- fissures, especially in stiff clays;
- strain rate effects;
- very large strains where these may occur in a design situation;
- sensitivity of cohesive soil;
- degree of saturation.

(2) When the shear strength assessment is based on test results, the level of confidence in the theory used to derive shear strength values should be taken into account, as well as the possible disturbance during sampling and heterogeneity of samples.

(3) As to time effects, it should be considered that the period for which a soil will be effectively undrained depends on its permeability, the availability of free water and the geometry of the situation.

(4)P The values of effective shear strength parameters c' and $\tan \phi'$ shall be assumed to be constant only within the range of stresses for which they have been evaluated.

E.3.6. Soil stiffness

(1)P In assessing the soil stiffness, the following features shall be considered:

- drainage conditions;*
- level of mean effective stress;*
- natural or artificial pre-consolidation;*
- level of imposed shear strain or induced shear stress, this latter often normalised with respect to the shear strength at failure.*

(2) Reliable measurements of the stiffness of the ground are often very difficult to obtain from field or laboratory tests. In particular, owing to sample disturbance and other effects, measurements obtained from laboratory specimens often underestimate the in-situ stiffness of the soil. Observations of the behaviour of previous constructions should therefore be analysed wherever available.

F. Historik

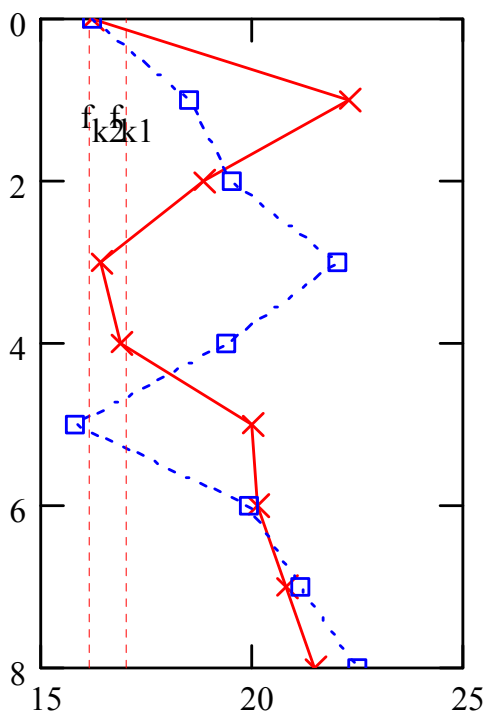
F.1. Historisk tillbakablick (text hämtad från förstudien, C. Alén)

Begreppet karakteristiskt värde har använts i olika byggregler sedan mitten av 1970-talet. I Sverige infördes begreppet i praktiskt arbete först i BBK 79, dvs. i den då nya betongnormen, vilken används fortfarande med endast smärre revideringar. Karakteristiskt värde används här för att beteckna ett typiskt värde på olika materialparametrar. Detaljerade regler ges för hur man skall bestämma det karakteristiska värdet utifrån provresultat. Ambitionen är att det karakteristiska värdet skall utgöra 5%-fraktilen av den provade materialegenskapen (om ett lågt värde är dimensionerande). Med hjälp av partialkoefficienter bestäms sedan dimensionerande värden. Likvärdiga regler har senare införts för andra konstruktionsmaterial som stål och trä. Introduktionen av begreppet karakteristiskt värde i dessa discipliner har varit ganska friktionsfritt.¹

I geoteknik aktualiserades partialkoefficientmetoden i Sverige och därmed även begreppet karakteristiskt värde med Nybyggnadsreglerna som kom ut i slutet av 1980-talet. Denna har efterträtts av BKR men de två byggnormerna är för geoteknik ganska likartade. Den geotekniska tillämpningen har varit mer problematisk än för materialen nämnda ovan.

En ofta spridd uppfattning bland geotekniker är att detta beror på att jordmaterial är sällsynt besvärliga och uppvisar stor mycket stor materialspridning. Undertecknads erfarenhet är dock att detta är en myt. Av de uppräknade materialen torde normala konstruktionsstål ha minst spridning, betong och jord likartad, åtminstone för någorlunda homogen jord medan spridningen för trä är betydligt större. Däremot arbetar man traditionellt med betydligt mindre säkerhetsmarginaler inom geotekniken än i de övriga disciplinerna, vilket i sin tur medför att bestämning av materialparametrar blir en mer grannlaga uppgift. Detta illustreras i figur 1 där reglerna för karakteristiskt värde är använda på två olika provserier för en materialegenskap med variationskoefficienten 15%. Detta skulle kunna vara betongs tryckhållfasthet (i MPa) eller leras skjuvhållfasthet (i kPa). I BBK används sedan en partialkoefficient 1,5 för att beräkna dimensionerande värde, dvs. i paritet med odränerad skjuvhållfasthet för lera.

¹ Liksom införande av partialkoefficientmetoden. Däremot föregicks införandet av densamma av en ganska lång debatt hur omöjligt det skulle vara att använda partialkoefficienter eftersom....



Figur 20 ”Karakteristiskt värde enligt BBK”. Två provserier ur samma grundläggande data. f_{k1} för heldragen serie. f_{k2} från streckad serie

F.1.1. Ingenjörsmässigt eller statistiskt synsätt?

Rubriken anger två huvudvägar. Behöver man välja eller går det kombinera dem?

Försiktigt valt värde, försiktigt valt medelvärde etc. är det traditionella värdet att ansätta en materialegenskap.

Det går att göra utifrån mätvärden med hjälp av statistik. Det är dock ganska ovanligt. Att ta hänsyn till alla tillgänglig information i form av förhandskunskap, erfarenhet och olika typer av mätvärden är en statistisk mycket komplex uppgift. Traditionell god ingenjörskonst innebär istället att man ganska intuitivt ansätter värden med hjälp av fält och labprov och samlad erfarenhet mm. Nackdelen är att förfarandet innebär ett stort mått av subjektivitet och att systematiken kan vara svår att överblicka.

Alternativt ansätter man värden mekaniskt utifrån testresultat, och ofta konservativt. Nackdelen i detta fall är att all kunskap som inte ges av lättolkade mätvärden får lite inflytande och att värdena kan vara mycket missvisande genom okunnig tolkning.

F.1.2. Nybyggnadsregler-BKR

I BKR anges att en materialegenskap skall normalt anges som dess medelvärde, se nedan. Däremot är det inte särskilt tydligt vad man avser med medelvärde. I Sverige har utbildats en utbredd praxis att tolka detta som mätt medelvärde. Hänsyn till osäkerhet tas sedan genom att ansätt olika värden på partialkoefficienten.

Utdrag ur BKR 94

”4.23 Karakteristiska materialvärden

Karakteristiskt värde för en materialegenskap skall normalt bestämmas som dess medelvärde. Systematiska skillnader mellan egenskapen vid undersökning och i verklig konstruktion (dimensioneringssituationen), egenskapens tidsberoende samt fel i parameterbestämningen skall beaktas.

...

Karakteristiskt värde för en materialegenskap får även bestämmas genom försiktigt val med ledning av dokumenterad erfarenhet.”

Kommentar: Det är svårt att i skrivningen ovan finna stöd för dagens praxis att välja karakteristiskt värde som mätt medelvärde. Att man skall beakta ”Systematiska skillnader...” tyder snarare på att normförfattaren tänkt sig ett annat synsätt. Även den andra citerade meningen med ”försiktigt val” stämmer dåligt med ”mätt medelvärde”.

F.1.3. Svensk tillämpning av ENV 1997-1 (Förstandarden till Eurokod)

I de tillämpningsbestämmelser till Europeanormen som gäller nu beskrivs följande förfarande:

Utdrag ur SS-ENV 1997-1 + NAD(S)

”Omfattningen av den volym i mark som bestämmer hur en geoteknisk konstruktion uppför sig i ett visst gränstillstånd är oftast mycket större än den volym som provats vid jord- eller bergundersökningar, vilket medför att den bestämmande parametern ofta är ett medelvärde över en viss yta eller volym av marken. Karakteristiskt materialvärde välj som ”försiktigt valt värde” hos aktuell jordvolym. Detta är det observerade medelvärdet justerat med hänsyn till:

- antal prov (reduktion för fåtalsprovning)*
- dokumenterad erfarenhet (sk. förhandskunskap)*
- normal variation och systematisk avvikelse hos aktuella/-a metod/-er”*

Kommentar: Skrivningen ovan är resultatet av ett arbete som gjordes vid färdigställandet av NAD(S) till ENV 1997-1 och på uppdrag av de föreskrivande verken, Boverket, Vägverket, Banverket, Luftfartsverket och FortF. Ambitionen var att ange karakteristiskt värde som ett ”populationens medelvärde” och inte som ett stickprovsmedelvärde. Dvs. att utifrån samlad erfarenhet och provning ange ”rätt medelvärde”. Lite mer högtidligt skulle det även kunna beskrivas som ett sätt att ta vara på geoteknikerns professionella kunskap och inte endast ange en mekanisk procedur för att bestämma karakteristiskt värde.

SGF Notat

- 1:2004** Packning och packningskontroll av blandkornig och finkornig jord
- 2:2004** Direkta skjuvförsök - en vägledning
- 3:2004** Laborieutrustningar med stora provdimensioner - en sammanställning
- 1:2005** Våra framtida geotekniska arbetsredskap – en introduktion
- 2:2005** Permeabilitetsbestämning genom laborieförsök
- 3:2005** Packningsresultat ytpackning – väsentliga faktorer analyserade med AHP-modellen

Svenska Geotekniska Föreningen (SGF) bildades 1950 och består av drygt 700 enskilda medlemmar, med minst två års praktisk erfarenhet av geoteknik. Dessutom ingår ca 30 korporativa medlemmar i form av institutioner, högskolor, myndigheter, konsult- och entreprenadföretag samt tillverkare inom det geotekniska området.

SGF har till ändamål att främja utvecklingen inom geoteknik med grundläggning med föredrag, diskussioner och kommittéarbeten samt att samarbeta med svenska, nordiska och övriga internationella organ med liknande inriktning.

Föreningen företräder i Sverige den internationella föreningen, the International Society of Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE).

I SGF:s Rapport- och Notatserier utges föreningens metodbeskrivningar, monografier och dokumentation från konferenser, temadagar m.m.