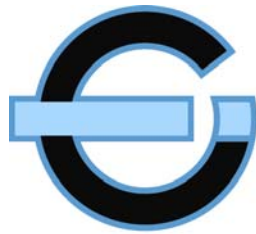


Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik

Rapport 9:2010

Tillämpningsdokument

Observationsmetoden i Geotekniken



Implementeringskommission för
Europastandarder inom Geoteknik

IEG Rapport 9:2010

Tillämpningsdokument

Observationsmetoden i Geotekniken

Framtagen av IEG

Stockholm 2010

IEG Rapport Implementeringskommissionen för
Europastandarder inom Geoteknik

Beställning IEG
c/o IVA
Grev Turegatan 14
Box 5073
102 42 Stockholm
Org. Nr 802430-1221
E-post: ieg@iva.se
Web: www.ieg.nu

ISBN 978-91-85647-38-5
Upplaga Digital

Version Mars 2011

Förord

Denna rapport är upprättad på uppdrag av IEG (Implementeringskommissionen för Europastandarder inom Geoteknik). IEG är en ideell förening som verkar under Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien. Föreningen har till uppgift att initiera, samordna, genomföra och redovisa arbete som krävs för att kunna implementera Europastandarder inom Geoteknikområdet i Sverige.

Rapporten är ett tillämpningsdokument tänkt att vägleda användaren vid tillämpning av observationsmetoden i enlighet med SS-EN 1997-1, som är den svenska versionen av Eurokod 7.

Arbetet har utförts inom en arbetsgrupp bestående av:

Bo Bergren, Berggren Tech AB

Mats Holmberg, Tunnel Engineering AB

Håkan Stille, KTH

Arbetet har granskats via IEG:s försorg. Värdefulla synpunkter har inkommit från Ann Emelin, Golder, Beatrice Lindström, WSP och Anders Kullingsjö, Skanska.

Stockholm 2010-12-31

Sammanfattning

SS-EN 1997-1 anger observationsmetoden som en accepterad metod för att verifiera geokonstruktioners bärförmåga, stadga, beständighet och täthet. Europastandarden anger det principiella tillvägagångssättet i form av dels råd, dels krav (principer) som skall uppfyllas. Några detaljerade beskrivningar av tillvägagångssätt att uppfylla kraven lämnas inte.

Syftet med denna rapport är att redogöra för hur kraven som ställs för observationsmetodens tillämpning skall hanteras i projekterings- och utförandeskedet. Ett ytterligare syfte är att belysa hur verifiering med observationsmetoden ställer andra organisatoriska och administrativa krav på medverkande parter än vad som gäller för verifiering av gränstillstånd med andra tillåtna metoder. Anvisningar och råd i denna rapport avser geotekniska och bergtekniska konstruktioner.

Enligt råd som anges i SS-EN 1997-1 kan observationsmetoden vara tillämplig när det är svårt att förutsäga det geotekniska beteendet. I denna rapport avses med begreppet geotekniskt beteende, gränstillstånd eller kombinationer av gränstillstånd som behöver kontrolleras för den gällande dimensioneringssituationen. I syfte att välja verifieringsmetod bör tidigt i projekteringskedet bedömningar göras av vilka gränstillstånd eller vilka relevanta kombinationer av gränstillstånd som behöver kontrolleras. Detta behandlas i kapitel 2. De krav som anges i SS-EN 1997-1 kan indelas i krav som skall uppfyllas i projekteringskedet och krav som skall uppfyllas i utförandeskedet. Projekteringskedet behandlas i kapitel 3 och utförandeskedet i kapitel 4. I SS-EN 1997-1 anvisas inga råd eller krav till andra förekommande skeden, som till exempel upphandling och fastställande av bygghandling. Det är således en frågeställning i sig hur förfrågningsunderlag och bygghandlingar skall utformas för att etablera formella sätt att tillämpa observationsmetoden. Detta diskuteras också i kapitel 4. I kapitel 5 redovisas slutsatser och rekommendationer för fortsatta arbeten inom ramen för observationsmetodens tillämpning.

Summary

SS-EN 1997-1 introduces the observational method as a mean to verify limit states in geotechnical design and specifies principles (requirements) to be met when applying the observational method. However there are no detailed descriptions of methods that can be applied to meet the requirements. The objective of this report is to give recommendations on how the requirements specified for the observational method can to be handled in the design and construction phase. Another objective is to point out how the observational method introduces organisational and administrative requirements to the parties involved. The recommendations given in this report covers both geotechnical design and rock engineering design.

According to the application rule in SS-EN 1997-1, it may be appropriate to apply the observational method when prediction of the geotechnical behaviour is difficult. In this report the term geotechnical behaviour refers to the limit states or combinations of limit states that needs to be checked for the current design situation. In order to select the proper verification method it is necessary in the early design phase to assess which limit states or relevant combinations of limit states that shall to be verified. This is addressed in Chapter 2. The requirements set out in SS-EN 1997-1 can be divided into requirements to be met in the design phase and requirements to be met during construction. The design phase is addressed in Chapter 3 and the construction phase in Chapter 4. The Eurocode does not provide advice or requirements related to the contents of tender and construction documents. Examples of issues that should be addressed formally by the construction documents are discussed in Chapter 4. The conclusions are reported in Chapter 5 together with recommendations for future studies.

Innehåll

FÖRORD.....	I
SAMMANFATTNING	III
SUMMARY	IV
1 INLEDNING.....	1
1.1 Bakgrund och syfte	1
1.2 Kontroll av gränstillstånd.....	1
1.3 Observationsmetoden i Europastandarden	2
1.4 Frågeställningar	2
1.5 Säkerhetsklass.....	3
1.6 Geoteknisk kategori.....	3
1.7 Dokumenthantering	3
2 VAL AV VERIFIERINGSMETOD	5
3 PROJEKTERINGSSKEDET	7
3.1 Observationsmetodens tillämpning.....	7
3.2 Parametrar för förutsägelse och kontroll av det geotekniska beteendet	8
3.3 Gräns för acceptabelt beteende	9
3.4 Gränser för möjligt beteende.....	9
3.5 Godtagbar sannolikhet att verkligt beteende ligger inom gräns för acceptabelt beteende.....	10
3.6 Plan för uppföljning	10
3.7 Procedurer för analys och resultatredovisning	11
3.8 Plan för korrigerande åtgärder	11
4 UTFÖRANDESKEDET	12
4.1 Krav	12
4.2 Organisation, avtal och administration	13
5 SLUTSATSER OCH FORTSATT ARBETE.....	14
5.1 Slutsatser.....	14
5.2 Fortsatt arbete.....	14
6 REFERENSER	15

1 Inledning

1.1 Bakgrund och syfte

IEG, Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik, är en ideell förening under Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademiens, IVA:s hägn. IEG har till uppgift att initiera, samordna och utföra arbete som krävs för implementering av Europastandarder inom Geoteknikområdet. Syftet är även att ta fram erforderliga hjälpmedel för branschen.

Det har tidigare inte funnits ett formellt stöd i gällande norm för tillämpning av observationsmetoden. Detta har nu ändrats i och med att SS-EN 1997-1 anger observationsmetoden som en accepterad metod för att verifiera geokonstruktioners bärförmåga, stadga, beständighet och täthet.

Observationsmetoden bygger på tre principiella steg; förutsägelse, observation och åtgärd. Utanför Sverige har observationsmetoden använts utifrån de krav som Peck (1969) formulerade. Observationsmetoden är i princip likvärdig med den metodik som i Sverige benämns Aktiv Design (Stille 1986).

Syftet med detta tillämpningsdokument är att redogöra för observationsmetoden och dess tillämpning utifrån tolkningar av råd och krav som anges i SS-EN 1997-1. Detta tillämpningsdokument är endast rådgivande om inte annat anges av byggherren.

Anvisningar och råd i denna rapport avser geotekniska och bergtekniska konstruktioner. Begreppet geokonstruktioner används fortsättningsvis i rapporten och betecknar båda dessa typer av konstruktioner.

1.2 Kontroll av gränstillstånd

Ett grundkrav i SS-EN 1997-1 är att det för varje geotekniskt dimensioneringsfall skall verifieras att inget relevant gränstillstånd enligt SS-EN 1990 överskrids. I SS-EN 1997-1 exemplifieras för olika kategorier av geokonstruktioner vilka typer av brott- och bruksgränstillstånd som ska kontrolleras. Exempel på relevanta gränstillstånd eller kombinationer därav som skall kontrolleras är:

- Brott, förlust av totalstabilitet, bärförmåga eller stora deformationer som beror på jord och bergs hållfasthet, styvhet eller hydrauliska förhållanden.
- Brott eller stora deformationer i geokonstruktionens konstruktionselement som är avhängiga av ingående materials hållfasthet eller styvhet.
- Kombinationer av gränstillstånd för jord eller berg eller geokonstruktion.

I den mån hydrauliska förhållanden och resulterande täthet är ett relevant gränstillstånd med avseende på geokonstruktionens funktion, människors välbefinnande och geokonstruktionens beständighet skall detta gränstillstånd också kontrolleras.

Gränstillstånden bör kontrolleras genom en, eller en kombination, av följande metoder:

- 1) Dimensionering genom beräkningar
 - a. Analytiska modeller
 - b. Semi-empiriska modeller
 - c. Numeriska modeller
- 2) Införande av hävdvunna åtgärder
- 3) Modellförsök och provbelastningar
- 4) Observationsmetod

För bergkonstruktioner är alla metoder utom modell och provbelastningar tillämpliga, TD Bergtunnel och bergtrum (2010).

1.3 Observationsmetoden i Europastandarden

Råd för tillämpning av observationsmetoden i SS-EN 1997-1 lyder:

"(1) När förutsägelsen av det geotekniska beteendet är svår kan det vara lämpligt att tillämpa den metod som benämns "observationsmetoden", där dimensioneringen följs upp under byggnadsskedet."

Principerna för att verifiera gränstillståndet med observationsmetoden anges i SS-EN 1997-1 på följande sätt.

"(2)P¹ Följande krav skall uppfyllas innan utförandet påbörjas:

- acceptabla gränser för beteendet skall bestämmas;
- gränserna för möjligt beteende skall beräknas och det skall visas att sannolikheten för att det verkliga beteendet ligger inom de acceptabla gränserna är godtagbar;
- en plan för uppföljning skall tas fram som skall visa om det verkliga beteendet ligger inom acceptabla gränser. Uppföljningen skall på ett tillräckligt tidigt stadium klargöra detta och med tillräckligt korta tidsintervall för att framgångsrikt kunna vidta korrigerande åtgärder;
- responstiden hos mätinstrumenten och i sättet att analysera resultaten skall vara tillräckligt snabbt för att möjliggöra förändringar i systemet;
- en plan för korrigerande åtgärder skall upprättas, vilken kan följas om uppföljningen visar ett beteende som ligger utanför acceptabla gränser.

(3)P Under byggnadsskedet skall uppföljningen utföras som planerat.

(4)P Resultaten av uppföljningen skall utvärderas vid lämpliga steg och de planerade korrigerande åtgärderna skall vidtas om gränserna för beteendet överskrids.

(5)P Uppföljande instrumentering skall antingen bytas ut eller utökas om den inte ger tillförlitliga data av avsett slag eller i tillräcklig mängd."

När det fortsättningsvis i denna rapport refereras till krav som ställs för att tillämpa observationsmetoden avses ovanstående principer.

1.4 Frågeställningar

SS-EN 1997-1 anger grunderna för observationsmetodens tillämpning i form av råd och krav (principer) som skall uppfyllas, se avsnitt 1.3. SS-EN 1997-1 anvisar inte explicit sätt att dimensionera geokonstruktioner vars gränstillstånd skall verifieras med observationsmetoden. Den centrala frågeställningen är därför att redogöra för hur krav som ställs för observationsmetodens tillämpning skall hanteras i projekterings- och utförandeskedet. Redogörelsen omfattar också att klargöra varför observationsmetoden ställer andra organisatoriska och administrativa krav på medverkande parter än vad som gäller för verifiering av gränstillstånd med andra tillåtna metoder.

Observationsmetodens grundläggande intention är att geokonstruktionen eller den tekniska lösningen skall verifieras utgående från resultat av mätningar och observationer som görs i utförandeskedet. Därför behöver observationsmetodens tillämpning omfatta byggprojektets alla skeden, inklusive frågeställningar om lämplig utformning av förfrågningsunderlag och bygghandlingar.

Enligt råd som anges i SS-EN 1997-1 kan observationsmetoden vara tillämplig när det är svårt att förutsäga det geotekniska beteendet. Redan tidigt i projekteringskedet behöver således frågeställningen besvaras om vilka gränstillstånd eller vilka relevanta kombinationer av gränstillstånd som behöver kontrolleras. Detta diskuteras i kapitel 2. Övriga frågeställningar beträffande projekteringskedet behandlas i kapitel 3.

Krav i SS-EN 1997-1 som ställs för utförandeskedet är väsentligen inriktade på att omsätta resultat från tekniska frågeställningar som hanterats i projekteringskedet. Utförandeskedet behandlas i kapitel 4. Där diskuteras också frågeställningar om hur förfrågningsunderlag och

¹ Förkortning (P) står för principer ("Principles") se citat nedan ur Eurokod EN 1990:2002, 1.4 (2).

"The principles comprise: general statements and definitions for which there is no alternative, as well as; requirements and analytical models for which no alternative is permitted unless specifically stated."

bygghandlingar bör utformas med avseende på observationsmetodens tillämpning. I kapitel 5 redovisas slutsatser och rekommendationer för fortsatta arbeten.

1.5 Säkerhetsklass

Val av säkerhetsklass skall utföras av projektören i samråd med byggherren samt utgå från BFS 2010: 28 eller VVFS 2009:19. Säkerhetsklass anvisar val av partialkoefficienter. Huruvida detta är relevant för observationsmetodens tillämpning diskuteras i kapitel 3.

1.6 Geoteknisk kategori

I SS-EN 1997-1 lämnas följande råd, "Geoteknisk Kategori 3 (GK 3) bör normalt omfatta alternativa föreskrifter och regler än denna standard".

I Tillämpningsdokument (TD) Grunder (2008) anvisas grundkrav för utförande i GK 2 och GK 3. Där används begreppen, utförandeplanering, grundkontroll och tilläggskontroll. För att tillämpa observationsmetoden ställs i SS-EN 1997-1 specifika krav på planering, uppföljning och kontroll. Till dessa krav används specifika begrepp som fortsättningsvis används för att skilja verifiering med observationsmetoden från verifiering med andra metoder, exempelvis beräkning. För normal kvalitetskontroll av material och utförande som inte omfattas av observationsmetoden bör grundkraven som anvisas i TD Grunder (2008) tillämpas.

Den signifikanta skillnaden mellan att tillämpa observationsmetoden och övriga tillåtna verifieringsmetoder är kravet som gäller plan för korrigerande åtgärder. Denna skall upprättas innan byggandet startar och skall följas om uppföljningen visar att det så kallade geotekniska beteendet ligger utanför gräns för acceptabelt beteende. Det är ett krav som indikerar att observationsmetoden är ämnad att användas för komplexa dimensioneringssituationer.

I princip är observationsmetoden tillämplig för utförande i GK2 men krav som anges i SS-EN 1997-1 medför att GK3 bör tillämpas när observationsmetoden skall tillämpas. Det kan vara lämpligt att genomföra oberoende granskning såväl i projekterings- som i utförandeskedet för att kvalitetssäkra observationsmetodens tillämpning. Den oberoende granskarens uppgifter redovisas i avsnitt 5.3.4 TD Grunder (2008) men granskarens roll inom ramen för observationsmetodens tillämpning behöver utredas ytterligare.

I TD Bergtunnel och bergrum (2010) ges dels exempel på förutsättningar för tillämpning av GK2, dels exempel på dimensioneringssituationer där GK 3 tillämpats.

1.7 Dokumenthantering

I TD Dokumenthantering (2008) redovisas typer av dokument som kan ligga till grund för projektering och utförande av geotekniska konstruktioner. Inom ramen för observationsmetoden är dokumenten Underlagsrapporter, Försöksrapport och Markteknisk undersökningsrapport tillämpliga för redovisning av utförda geotekniska undersökningar. För bergtekniska undersökningar skall Förundersökningsrapport Berg användas istället för Markteknisk undersökningsrapport. I samband med projektering av bergtunnlar och bergrum skall också dokumentet Ingenjörsgelogisk Prognos upprättas (TD Bergtunnel och bergrum 2010).

Resultatet av projekteringskedet kan inrymmas inom ramen för de dokument som i TD Dokumenthantering benämns Projekterings-PM och Förfrågningsunderlag (FU)/Bygghandling (BH). Istället för Projekterings-PM kan benämningen Geoteknisk dimensioneringsrapport användas. I SS- EN 1997-1 lämnas råd och krav för innehållet i Geoteknisk dimensioneringsrapport.

Inom ramen för observationsmetodens tillämpning behöver riktlinjer utarbetas för utformning av Förfrågningsunderlag (FU)/Bygghandling (BH) t.ex. tekniska beskrivningar och andra administrativa handlingar, se vidare i kapitel 5.

2 Val av verifieringsmetod

Enligt råd som anges i SS-EN 1997-1 kan observationsmetoden vara tillämplig när det är svårt att förutsäga det geotekniska beteendet. Innebörden av begreppet geotekniskt beteende är svårt att generalisera eftersom både geokonstruktioner och geotekniska frågeställningar i stor utsträckning är projektspecifika. Utgångspunkten är att observationsmetoden kan vara tillämplig när det är svårt att med acceptabel noggrannhet fastlägga dimensioneringskritiska parametrar med avseende på:

- Jords eller bergs beteende, vilket inkluderar geologiska eller geotekniska förhållanden, mekaniska egenskaper samt rymdgeometriska förhållanden.
- Geokonstruktionens beteende, det vill säga geokonstruktionens mekaniska verkningssätt och dess samverkan med omgivande jord- och bergmaterial.

Vid dimensionering av geokonstruktioner måste normalt beaktas att jord och berg både utgör en last och bidrar till bärförmågan. Därför inryms i begreppen jord och bergs beteende samt konstruktionens beteende förekommande osäkerheter beträffande laster.

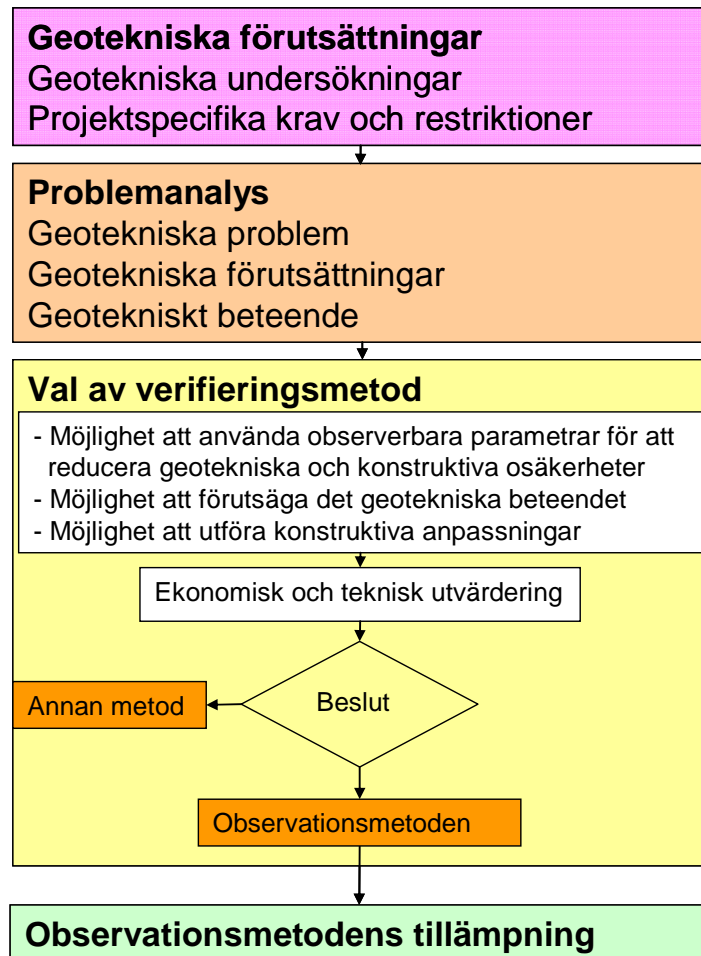
Den formella möjligheten att med mätningar och observationer reducera geotekniska och konstruktiva osäkerheter bidrar till ökad potential att uppföra en geokonstruktion som är ekonomisk optimerad i förhållande till krav på bärförmåga, stadga, beständighet och täthet. Innan valet av verifieringsmetod(er) kan göras behöver de relevanta tekniska, platsspecifika och administrativa förutsättningarna sammanställas. Dessutom behöver en övergripande problemanalys genomföras av den aktuella dimensioneringssituationen. Proceduren illustreras i figur 2-1.

Syftet med problemanalysen är att upprätta en beskrivning av det geotekniska beteendet med utgångspunkt från resultaten av geotekniska undersökningar och problemanalys. Det geotekniska beteendet är först och främst en definition av vilka gränstillstånd eller kombinationer av gränstillstånd som behöver kontrolleras för den gällande dimensioneringssituationen. Det betyder att begreppet geotekniskt beteende både kan relatera till jord eller bergs beteende och till geokonstruktionens beteende, se ovanstående punktsatser. I beskrivningen av det geotekniska beteendet bör också ingå att identifiera parametrar som kan användas för kontroll av gränstillstånd i utförandeskedet, så kallade kontrollparametrar. Beskrivningen bör också omfatta att preliminärt anvisa i vilken omfattning som observationsmetoden skall tillämpas. Det är troligt att tillämpningen skall begränsas, exempelvis med avseende på typ av konstruktion, men också att omfattningen kan behöva omprövas i ett senare skede under projekteringen.

Svårigheten med att förutsäga det geotekniska beteendet beror normalt på graden av osäkerhet gällande jord eller bergs beteende eller geokonstruktionens beteende. I det underlag som ligger till grund för val av verifieringsmetod ingår också att redogöra för sätt att reducera identifierade osäkerheter. Det omfattar bedömningar av dels möjliga lägen eller skeden i utförandet där kontroller kan göras, dels av möjligheten att vidta framgångsrika korrigerande åtgärder i dessa lägen eller skeden. Vidare ingår också förslag på representativa parametrar som både kan användas för att förutsäga förväntat beteende och för att kontrollera verkligt beteende. Dessa parametrar kan vara fysiska egenskaper eller andra representativa storheter.

Syftet med den ekonomiska och tekniska utvärderingen är att besluta om vilken verifieringsmetod som har bäst förutsättningar att åstadkomma den lägsta slutkostnaden för projektet och för förvaltaren. Utifrån ställda krav på bärförmåga, stadga, beständighet och täthet behöver de tekniska förutsättningarna bedömas tillsammans med sätt att administrativt hantera konsekvenser av konstruktiva anpassningar som kan behöva genomföras i utförandeskedet. Exempelvis behövs ett klarläggande av inverkan på projekterings- och

produktionstidplan samt produktionsbudget. Potentiella kostnadsbesparingar ska ställas mot merkostnader i form av utökad projektering av förberedda korrigerande åtgärder, utökad kontrollprogram samt tekniskt stöd under utförandeskedet.



Figur 2.1 Innan valet av verifieringsmetod(er) behöver de relevanta tekniska, platsspecifika och administrativa förutsättningarna etableras samt en övergripande problemanalys genomförs av den aktuella dimensioneringssituationen.

Geotekniska förutsättningar utgörs dels av resultat från geotekniska undersökningar, dels av projektspecifika krav och restriktioner. De sistnämnda omfattar tekniska och administrativa förutsättningar som är relevanta för dimensioneringssituationen. Tekniska förutsättningar avser jord eller bergs egenskaper, förekommande laster, geometriska förhållanden, etc., som påverkar val av konstruktionslösning och eventuellt val utförandemetoder. Vidare inbegrips också krav eller villkor relaterade till omgivningspåverkan som skador på angränsande fastigheter och anläggningar på grund av grundvattensänkning, vibrationer och sättningar. Administrativa förutsättningar avser till exempel tidplan, bullerkrav, byggplatsens storlek och andra externa faktorer som kan påverka konstruktionens utformning och val av utförandemetod.

I vissa fall räcker det således inte enbart med att det är "svårt att förutsäga det geotekniska beteendet" för att fatta beslut om att tillämpa observationsmetoden. Bedömningar av dimensioneringssituationens alla förutsättningar kan resultera i att en "robust" teknisk lösning är ett acceptabelt alternativ och att verifiering kan utföras med en annan tillåten metod.

3 Projekteringskedet

3.1 Observationsmetodens tillämpning

Tillämpning av observationsmetoden i projekteringskedet skall styras av förekommande osäkerheter gällande det geotekniska beteendet.

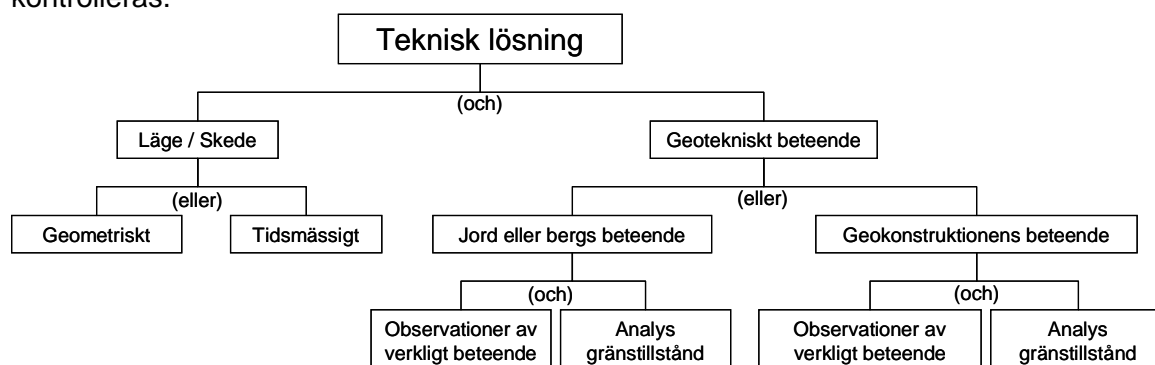
Om osäkerheterna främst avser *jord eller bergs beteende*, det vill säga geologiska eller geotekniska förhållanden, mekaniska egenskaper samt rymdgeometrisk förhållanden, kan följande principiella tillämpningar av observationsmetoden användas.

- I. Beroende på osäkerheternas omfattning förbereds det antal alternativa tekniska lösningar som behövs. Observationer och analyser i utförandeskedet skall ske med inriktningen att reducera osäkerheter om jord eller bergs beteende på sätt så att beslut kan fattas om vilken teknisk lösning som skall användas.
- II. Endast en teknisk lösning förbereds. Ett nödvändigt villkor är att praktiska förutsättningarna råder som tillåter projektering av den slutgiltiga tekniska lösningen i utförandeskedet. Observationer och analyser skall i detta fall utföras på basis av ovanstående villkor med inriktning på att klargöra de verkliga jord- och bergförhållandena.

Om osäkerheterna främst avser *geokonstruktionens beteende*, det vill säga dess mekaniska verkningsätt och samverkan med förekommande jord- och bergmaterial, kan följande principiella tillämpning av observationsmetoden användas.

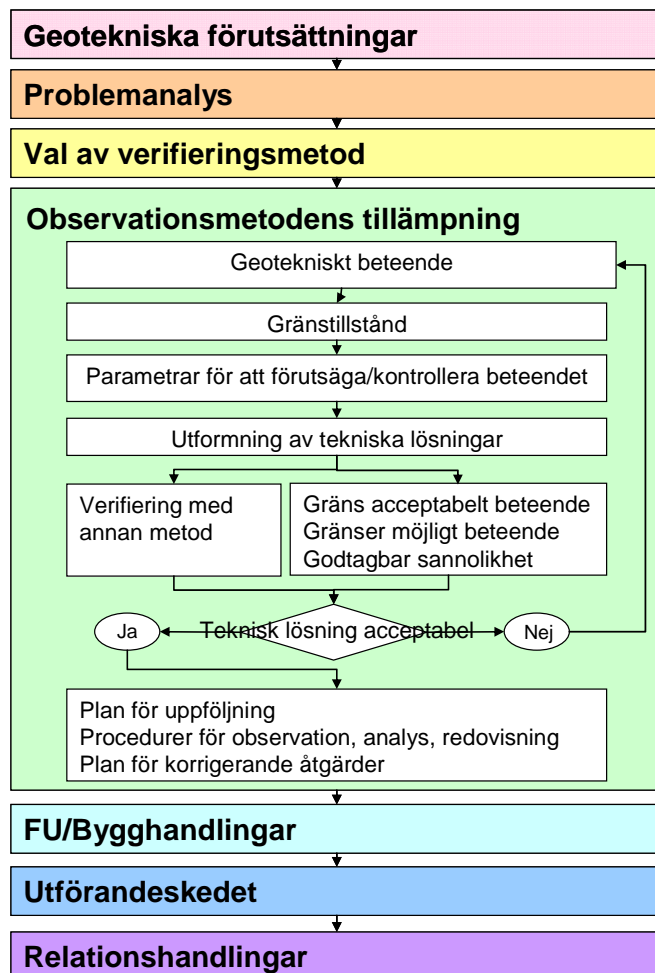
- III. En teknisk lösning förbereds och det är ett nödvändigt villkor att denna lösning utformas så att tekniska åtgärder kan genomföras under uppförandeskedet. Observationer och analyser i utförandeskedet skall utföras med inriktningen att reducera osäkerheter om geokonstruktionens beteende på sätt så att beslut kan fattas om tekniska åtgärder skall genomföras eller inte.

I figur 3-1 illustreras principerna för observationsmetodens tillämpning. Det geotekniska beteendet relaterar till de nämnda två övergripande kategorierna av osäkerheter, antingen jord eller bergs beteende (tillämpning I, II) eller geokonstruktionens beteende (tillämpning III). Oavsett kategori och sätt att förbereda tekniska lösningar skall det geotekniska beteendet förutsägas och kontrolleras vid i förväg definierade lägen eller skeden, så kallade tullgränser eller hållpunkter, där förberedda åtgärder kan vidtas om det behövs. För varje kategori görs observationer av parametrar och analys med avseende på de gränstillstånd som skall kontrolleras.



Figur 3.1 Tillämpningen av observationsmetoden skall styras av förekommande osäkerheter gällande det geotekniska beteendet. Det geotekniska beteendet skall förutsägas och kontrolleras vid i förväg definierade lägen eller skeden, så kallade tullgränser eller hållpunkter, där förberedda åtgärder kan vidtas om det behövs.

Ett iterativt arbetssätt med successiva avstämningar behöver tillämpas i arbetet för att formulera observationsmetodens tillämpning, hantera förekommande osäkerheter i det geotekniska beteendet och utforma tekniska lösningar. Principerna för detta visas i figur 3-2. De underliggande kraven diskuteras i avsnitten 3.3 till och med 3.8.



Figur 3.2 Ett iterativt arbetssätt med successiva avstämningar behöver tillämpas i arbetet för att formulera observationsmetodens tillämpning, hantera förekommande osäkerheter i det geotekniska beteendet och utforma tekniska lösningar.

3.2 Parametrar för förutsägelse och kontroll av det geotekniska beteendet

Observationsmetodens tillämpning ställer krav både på att förutsäga det geotekniska beteendet och att kontrollera detsamma i utförandeskedet. Detta förfarande är framförallt kopplat till begreppen, *gräns för acceptabelt beteende*, *gränser för möjligt beteende* och *godtagbar sannolikhet att verkligt beteende ligger inom gräns för acceptabelt beteende*. Parametrar som används för att förutsäga det geotekniska beteendet skall vara relevanta, kvantifierbara och observerbara. Vissa gränstillstånd, exempelvis laster, spänningar och jord eller bergs fysiska egenskaper, är svåra att bestämma i fält. I många fall är det därför nödvändigt att göra omformuleringar och använda kontrollparametrar med indirekt koppling till de gränstillstånd som skall kontrolleras, exempelvis i form av deformationer och töjningar.

Parametervärden för förutsägelse och kontroll skall fastläggas för alla gränstillstånd som omfattas av observationsmetodens tillämpning. Normalt skall dessa värden vara relaterade till definierade lägen eller skeden i uppförandet av geokonstruktionen, se också figur 3-1. Värdena kan baseras på beräkningar, på hävdvunna metoder och på erfarenhet hämtade från liknande dimensioneringssituationer och konstruktionslösningar. Beräknade värden skall inte vara baserade på partialkoefficientmetoden utan beräkningar skall utföras med troliga värden eller härledda värden² på jord och bergs egenskaper. Ingenjörsmässiga bedömningar skall alltid användas för att kontrollera framtagna parametervärdens rimlighet.

3.3 Gräns för acceptabelt beteende

Värden på *gräns för acceptabelt beteende* skall vara deterministiska. Men det finns även dimensioneringssituationer där en numerisk storhet inte kan användas. I sådana fall kan den observerbara storheten utgöras av en representativ egenskap som kan beskrivas verbalt.

I princip representerar gräns för acceptabelt beteende ett värde vid vilket en förutbestämd åtgärd skall vidtas. Åtgärder är plats specifika och av olika art eftersom de behöver anpassas till osäkerheterna om det geotekniska beteendet och sätt som använts för att förbereda tekniska lösningar, se avsnitt 3.1.

Exempelvis kan vid plattgrundläggning och osäkerheter gällande jordens beteende observationsmetoden tillämpas genom att utifrån verkliga jordförhållandena välja bland förutbestämda typlösningar. Varje typlösning skall vara kopplad till ett förutbestämt kriterium, en gräns för acceptabelt beteende, till exempel jorddjup till fast berg. Den tekniska typlösningen kan vara dimensionerad med beräkningar (partialkoefficienter) eller med hävdvunna metoder. Verifiering av geokonstruktionens beteende skall anpassas till sätt att dimensionera, i detta exempel, typlösningarna.

För osäkerheter gällande geokonstruktionens beteende kan observationsmetodens tillämpning vara inriktad på att klargöra om den aktuella tekniska lösningen behöver kompletteras eller anpassas. Geokonstruktionens verkliga beteende stäms av mot acceptabelt beteende vid förutbestämda lägen eller skeden där det är möjligt att komplettera eller anpassa den tekniska lösningen.

3.4 Gränser för möjligt beteende

Gränser för möjligt beteende skall fastläggas på sätt så att de anger det mest fördelaktiga och det mest ofördelaktiga beteendet i relation till det troliga geotekniska beteendet. Gränserna för möjligt beteende är således en förutsägelse av de yttre gränserna för det verkliga geotekniska beteendet.

Gränser för möjligt beteende kan fastläggas genom att utföra känslighetsstudier med utgångspunkt från osäkerheter hos parametrar som är relevanta för det geotekniska beteendet. Representationen av parametrars osäkerhet bör göras genom att det mest fördelaktiga och det mest ofördelaktiga värdet på parametern bestäms i förhållande till det troliga värdet. Känslighetsanalysen kan också ge fördjupad information om vilka eller vilken kontrollparameter som kan användas för att verifiera geokonstruktionen.

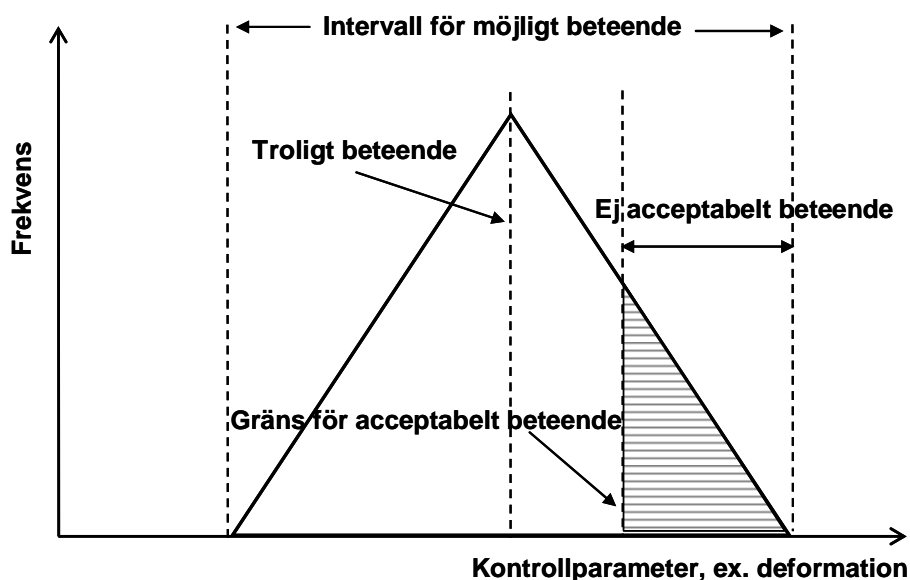
Förutsägelsen om möjligt geotekniskt beteende kan ligga inom ett brett intervall eftersom osäkerheterna om naturliga och tekniska förutsättningar är utgångspunkten för observationsmetodens tillämpning.

²Egenskap utvärderad från geotekniska undersökningar i fält eller laboratorium och efter vederbörlig korrigerings.

3.5 Godtagbar sannolikhet att verkligt beteende ligger inom gräns för acceptabelt beteende

Parametervärden i intervallet inom gränser för möjligt beteende kan representeras med en sannolikhetsfunktion. Denna kan till exempel vara en jämn fördelning, empirisk fördelning eller en representativ statistisk fördelning. Det är rimligt att koppla värden på *godtagbar sannolikhet* till en risknivå som projektet kan acceptera i förhållande till att behöva utföra förutbestämda korrigerande åtgärder, till exempel anpassning av den aktuella tekniska lösningen. Ett gränstillstånd där korrigerande åtgärder medför långtgående konsekvenser i form av kostnader och eventuellt senarelagt färdigställande skall ha en lägre godtagbar sannolikhet än ett gränstillstånd där korrigerande åtgärder har acceptabla kostnader. Detta värde skall således fastställas utifrån projekt- och problemspecifika frågeställningar. Beroende på förutsättningarna och ekonomiska överväganden kan krav på godtagbar sannolikhet tillgodoses genom att förbereda alternativa tekniska lösningar eller använda en mer konservativ teknisk lösning.

Figur 3-3 visar en sammanställning av den information som behövs för att upprätta en kvantifierad beskrivning av det geotekniska beteendet. I figuren definieras begreppen gränser för möjligt beteende, det troliga beteendet samt gräns för acceptabelt beteende. Kontrollparameterns geotekniska beteende karakteriseras med hjälp av en hypotetisk sannolikhetsfunktion med triangulär fördelning. Den godtagbara sannolikheten för att det verkliga beteendet ligger inom gräns för acceptabelt beteende representeras av skillnaden mellan den övre gränsen för det möjliga beteendet och gräns för acceptabelt beteende. Den godtagbara sannolikheten i figur 3-3 exemplifierar accepterad risk för den händelse som innebär att behöva utföra förutbestämda korrigerande åtgärder. Observera att det geotekniska beteendet skall fastläggas för alla aktuella gränstillstånd, enligt de krav som ställs i SS-EN 1997-1 för observationsmetodens tillämpning.



Figur 3.3 Sammanställning av information som behövs för att upprätta en kvantifierad beskrivning det geotekniska beteendet.

3.6 Plan för uppföljning

En *plan för uppföljning* skall upprättas med syfte att fastlägga vilka observationer som behöver göras för att tillhandahålla rätt typ av information, dels för beslut om korrigerande åtgärder, dels för successiv verifiering av aktuell teknisk lösning. Ett viktigt villkor är att mätinstrumentens tillförlitlighet. Grunderna i plan för uppföljning är dels de kontrollparametrar

som valts för att representera det geotekniska beteendet, dels förutsägelser av gränser för det verkliga geotekniska beteendet, det vill säga gränser för möjligt beteende.

Plan för uppföljning består av ritningar och beskrivningar som skall klarlägga:

- Läge, omfattning och typ av observationer som skall utföras, det vill säga inspektioner, undersökningar och mätningar.
- Administrativa och kontraktsmässiga förutsättningar som behövs i utförandeskedet.

Om mätningar ska utföras tillkommer:

- Tekniska krav och specifikationer för mätinstrument.
- Instrumenteringens fysiska utformning.

3.7 Procedurer för analys och resultatredovisning

Procedurer skall upprättas i syfte att säkerställa att analyser och resultatredovisning utförs med metoder som är tillräckligt robusta för produktionsförhållanden. Ett viktigt villkor är att analys och resultatredovisning av information som tillhandhålls via plan för uppföljning skall finnas tillgänglig vid rätt tidpunkt, dels för beslut om eventuella korrigerande åtgärder, dels för successiv verifiering av aktuell teknisk lösning.

Till grund för att upprätta procedurerna är plan för uppföljning, speciellt typ av observationer som skall utföras. Procedurer för analys och resultatredovisning omfattar:

- Beskrivningar i lämplig detaljeringsgrad av metoder som skall användas för analys av mätdata och resultatredovisning.
- Beskrivningar av administrativa och kontraktsmässiga förutsättningar som skall tillämpas i utförandeskedet.

3.8 Plan för korrigerande åtgärder

En *plan för korrigerande åtgärder* skall upprättas med syfte att tillhandahålla tekniska lösningar. Detta kan ske i enlighet med det principiella sättet att tillämpa observationsmetoden, se avsnitt 3.1 avseende de principiella tillämpningarna (I), (II) och (III).

Till grund för att fastlägga plan för korrigerande åtgärder är resultaten från arbetena med att fastlägga:

- Gräns för acceptabelt beteende för alla aktuella gränstillstånd.
- Gränser för möjligt beteende och kontrollparametrarna som skall användas för att representera de aktuella gränstillstånden.
- Plan för uppföljning.
- Procedurer för analys av mätdata och resultatredovisning.

Plan för korrigerande åtgärder består av ritningar och beskrivningar och omfattar:

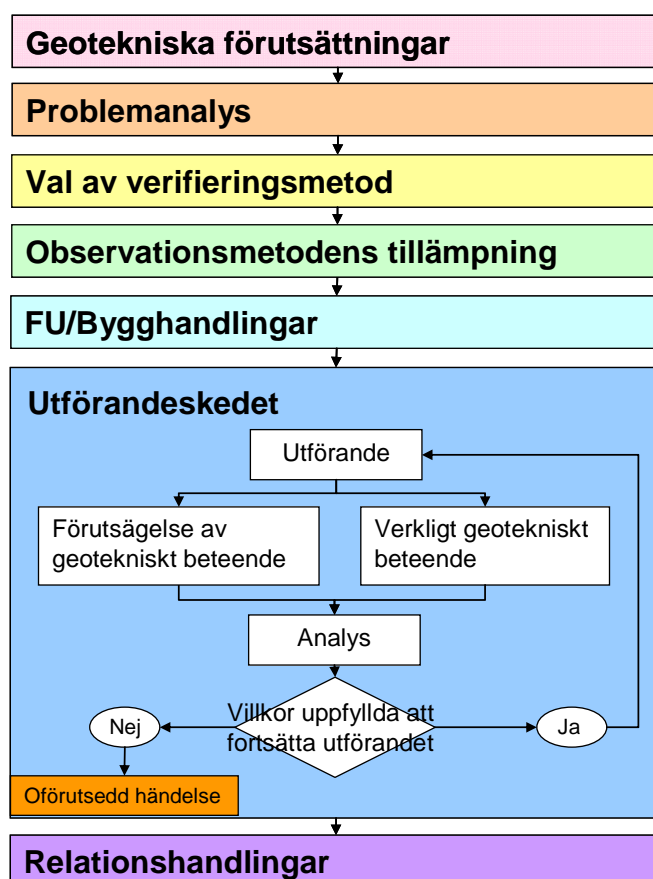
- Tekniska lösningar som utgör de korrigerande åtgärderna inom ramen för de principiella tillämpningarna som betecknats (I) och (III).
- Sätt att anpassa tekniska lösningar till det verkliga geotekniska beteendet inom ramen för den principiella tillämpningen som betecknats (II)
- Troligt värde och gränsvärden dels för kontrollparametrar som skall användas för att representera det geotekniska beteendet, dels för andra fastlagda villkor.
- Beskrivning av hållpunkter eller tullgränser för kritiska moment i utförandet och villkoren för att passera dessa.
- Administrativa och kontraktsmässiga förutsättningar som behövs för att reglera eventuella konsekvenser av att korrigerande åtgärder genomförs i utförandeskedet.
- Rekommendation gällande oberoende granskning.

4 Utförandeskedet

4.1 Krav

I utförandeskedet är det övergripande syftet med att tillämpa observationsmetoden dels att reducera osäkerheterna i det geotekniska beteendet, dels att kontrollera att de uppförda tekniska lösningarna uppfyller ställda krav. Det vill säga att verifiera geokonstruktionens bärförmåga, stadga, beständighet och täthet på basis av tillkommande information som erhållits från utförda observationer.

I figur 4-1 illustreras proceduren för att tillämpa observationsmetoden i utförandeskedet. De formella krav som ställs i detta skede kan sammanfattas vara, att praktiskt omsätta plan för uppföljning och plan för korrigerande åtgärder. Det innebär att vid förutbestämda hållpunkter eller tullgränser kontrollera och analysera om det verkliga geotekniska beteendet faller inom de i förväg fastställda gränserna för acceptabelt beteende. Om så inte är fallet skall de i förväg fastställda åtgärderna genomföras så att villkoren uppfylls för att fortsätta utförandet. Det finns också krav på att kontrollera instrumenteringens avsedda funktion och dess tillförlitlighet för avsett ändamål.



Figur 4.1 Proceduren för att tillämpa observationsmetoden i utförandeskedet kan sammanfattas vara, att praktiskt omsätta plan för uppföljning och plan för korrigerande åtgärder. Proceduren innehåller också hållpunkter eller tullgränser där syftet är att verifiera den aktuella tekniska lösningen eller att besluta om korrigerande åtgärd.

Observera att begreppet oförutsedd händelse avser ett geotekniskt beteende för vilken det inte finns någon förberedd teknisk lösning. Proceduren för att hantera oförutsedda händelser är inte en del av observationsmetodens tillämpning. Det är dock viktigt att påpeka att

möjligheten att uppfatta varningssignaler om en förestående oförutsedd händelse är förbättrad vid tillämpning av observationsmetoden beroende på systematiken med utökade kontroller och analyser av det geotekniska beteendet. En oförutsägbar händelse kan få oönskade konsekvenser för projektet och en generell procedur behöver upprättas som beskriver hur en oförutsedd händelse skall hanteras. Den bör vara oberoende av vilken metod som används för att kontrollera aktuella gränstillstånd och inte vara specifik för tillämpning av observationsmetoden.

4.2 Organisation, avtal och administration

För att tillämpa observationsmetoden i utförandeskedet behövs både en byggherrefunktion och en projektorganisation med förutsättningar att hantera gränssnitten som finns mellan arbetet med att verifiera aktuell teknisk lösning, pågående produktion samt eventuell granskning som skall ske, exempelvis GK 3. Procedurer för detta behöver etableras, kommuniceras och vara accepterade av projektets samtliga parter dels genom innehållet i bygghandlingarna, dels genom projektspecifik planering. De specifika problemställningar som parterna har att samordna gäller leverans, kvalitetssäkring och analys av observationer (mätdata, inspektioner, etc.) samt verifiering av tekniska lösningar. Vidare omfattas också att sammanställa underlag, fatta beslut och i förekommande fall genomföra förutbestämda korrigerande åtgärder.

Avtal, förfrågningsunderlag och bygghandlingar skall säkerställa den formella hanteringen av osäkerheterna gällande det geotekniska beteendet i utförandeskedet. Underlag till dessa handlingar ges av innehållet i plan för uppföljning, av föreskrivna metoder att utvärdera observationer samt plan för korrigerande åtgärder som innehåller sätt att anpassa tekniska lösningar till det verkliga geotekniska beteendet. I dagsläget saknas en gemensam syn på marknaden av de entreprenadjuridiska aspekter som hanteras i avtal som utformats med avseende på den praktiska tillämpningen av observationsmetoden. Viktiga frågeställningar är till exempel hantering av gränssnittet mellan temporära och permanenta konstruktioner. Vidare sätt att reglera tillkommande eller avgående arbeten som är kopplade till det verkliga geotekniska beteendet och till eventuella beslut att utföra förberedda korrigerande åtgärder. Tillämpning av observationsmetoden kan medföra att både projektets produktionsbudget och produktionstidplan behöver fastläggas med ett troligt värde och ett intervall. Bedömningar om gränserna för dessa intervall kan göras genom att studera konsekvenserna av beslut att genomföra korrigerande åtgärder. Dessa beslut fattas i utförandeskedet och alternativa tekniska lösningar behöver därför både vara tids- och prissatta i förfrågningsunderlag och bygghandlingar.

Kadefors och Bröchner (2008) har studerat möjligheterna att tillämpa observationsmetoden utifrån i dagsläget förekommande kontrakts- och samverkansformer. En av deras slutsatser är att genomförandeformer och organisation i projekten behöver anpassas till observationsmetodens krav och att detta i sin tur ställer krav på bland annat utformning av ersättningsformer och riskfördelning. Författarna menar att observationsmetoden är förenlig med de flesta entreprenad- och ersättningsformer, förutsatt att förarbetet är sådant att riskfördelningen mellan projektets parter blir tydlig och anbuden jämförbara. De nämner tre huvudalternativ, utförandeentreprenad med utvecklad mängdreglering, totalentreprenad och samverkansentreprenad där entreprenören medverkar i beslut om observationsmetodens tillämplighet. Betydelsen av "value engineering" för att skapa incitament för parterna framhålls också.

5 Slutsatser och fortsatt arbete

5.1 Slutsatser

De krav som anges i SS-EN 1997-1 kan indelas i krav som skall uppfyllas i projekteringskedet och krav som skall uppfyllas i utförandeskedet.

Enligt råd som anges i SS-EN 1997-1 kan observationsmetoden vara tillämplig när det är *svårt att förutsäga det geotekniska beteendet*. Men för att fatta beslut om att tillämpa observationsmetoden behöver dimensioneringssituationens alla förutsättningar bedömas. En ekonomisk och teknisk utvärdering bör genomföras för att besluta om vilken verifieringsmetod som har bäst förutsättningar att åstadkomma den lägsta slutkostnaden för projektet och för förvaltaren.

Tillämpningen av observationsmetoden kan relativt enkelt integreras i dagens sätt att projektera geokonstruktioner och berganläggningar. Det som är specifikt med observationsmetoden är att kontrollprogram och tekniska lösningar skall förberedas på sätt som möjliggör hantering av osäkerheter beträffande det geotekniska beteendet. Det geotekniska beteendet kan relatera till två övergripande kategorier av osäkerheter, antingen jord eller bergs beteende, eller geokonstruktionens beteende och definierar vilka gränstillstånd eller kombinationer av gränstillstånd som behöver kontrolleras för den gällande dimensioneringssituationen. Beroende på osäkerheternas natur skall tekniska lösningar utformas som är anpassade för tänkbara avvikelser från förväntade förhållanden.

Anbuds- och bygghandlingar måste utformas så att de formellt anvisar hur osäkerheterna i det geotekniska beteendet, som identifierats i projekteringskedet, skall hanteras via kontrollprogram, beslutskriterier och förberedda tekniska åtgärder. Byggherrens och utförarens platsorganisationer har ansvaret för att tillämpningen av observationsmetoden integreras i byggprocessen på ett effektivt och kvalitetssäkrat sätt. Ansvaret kan fördelas på olika sätt beroende på aktuell entreprenadform och projektets art.

5.2 Fortsatt arbete

Dagens utformning av förfrågningsunderlag, bygghandlingar och avtal är inte tillräckligt anpassade för tillämpning av observationsmetoden. Observationsmetodens grundläggande intention är att geokonstruktionen skall verifieras eller anpassas på basis av resultat från mätningar och observationer som görs i utförandeskedet. Detta förfarande behöver regleras i bygghandlingen, till exempel genom att låta de förberedda alternativa tekniska lösningarna ingå i mängdförteckningen. Eftersom kostnader och tid kan variera mellan de tekniska lösningarna finns entreprenadjuridiska aspekter att beakta för exempelvis följande frågeställningar:

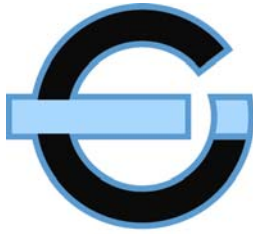
- Fördelning av ansvar för temporära och permanenta konstruktioner.
- Sätt att reglera slutkostnad och tidplan beroende på tillkommande eller avgående arbeten.

Fortsatt arbete behövs för att formalisera administrativa frågor samt ansvars- och riskfördelning mellan projektets parter i förhållande till entreprenadform. Enligt SS-EN 1997-1 är observationsmetoden en formell verifieringsmetod och det kan därför också behöva klarläggas för marknadens parter hur sidosubjekt skall hanteras och utvärderas som baseras på att gränstillstånd kontrolleras genom att tillämpa observationsmetoden.

Vidare rekommenderas att en utredning genomförs för att klarlägga den oberoende granskarens roll, exempelvis GK 3, inom ramen för observationsmetodens tillämpning.

6 Referenser

- [1] SS-EN 1997-1:2005: Dimensionering av geokonstruktioner - Del 1: Allmänna regler, SIS
- [2] Peck, R.B., 1969. Advantages and limitations of the observational method in applied soil mechanics. Géotechnique 19, No. 2
- [3] SS-EN 1990, Eurokod: Grundläggande dimensioneringsregler för bärverk, SIS
- [4] Stille, H., 1986. Experiences of design of large caverns in Sweden. Proceedings Proceedings Large Rock Caverns, Helsinki. Pergamon Oxford
- [5] IEG Rapport 5:2010, Tillämpningsdokument Bergtunnel och bergrum, IEG
- [6] IEG Rapport 2:2008, Rev. 2, Tillämpningsdokument Grunder, IEG
- [7] BFS 2010: 28, EKS 7, Boverkets föreskrifter om ändring i verkets föreskrifter och allmänna råd (2008:8) om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder), Boverket
- [8] VVFS 2009:19, Vägverkets föreskrifter om ändring i föreskrifterna (VVFS 2004:43) om tillämpningen av europeiska beräkningsstandarder, Vägverket
- [9] IEG Rapport 4:2008, Tillämpningsdokument Dokumenthantering, IEG
- [10] Kadefors, A., Bröchner J., 2008. Observationsmetoden i bergbyggande: kontrakt och samverkan. SveBefo rapport K28.



IEG

IEG är en ideell förening, under ingenjörsvetenskapsakademins, IVA, hägn, som har till uppgift att initiera, samordna och utföra arbete som krävs för implementering av Europastandarder inom Geoteknikområdet, vilka inom de närmaste åren enligt EU-direktiv och lagen om offentlig upphandling kommer att ersätta och komplettera stora delar av dagens svenska geotekniska regelverk. Syftet är också att säkerställa att det tas fram nödvändiga hjälpmedel i form av anpassade tillämpningsdokument o. dyl.

Utgivna rapporter

- 1:2005 Eurokoder och Europastandarder. Vad kan man skriva i Nationella Tillämpningsregler till olika Geotekniska Standarder?
 - 1:2006 Sammanställning av standarder och närliggande dokument
 - 2:2006 EN 1997-1, Grunder, Fas 1
 - 3:2006 EN 1997-1 Kapitel 6, Plattgrundläggning, Fas 1
 - 4:2006 EN 1997-1 Kapitel 8-9, Stödkonstruktioner, Fas 1
 - 5:2006 Bergtunnel
 - 6:2006 EN 1997-1 Kapitel 7, Pålgrundläggning, Fas 1
 - 7:2006 EN 1997-1, Grunder, Fas 2
 - 8:2006 EN 1997-1 Kapitel 6, Plattgrundläggning, Fas 2
 - 9:2006 Fältmetoder dynamisk sondering, Fas 1
 - 10:2006 EN 1997-1, Geoteknisk data, Fas 1
 - 11:2006 Stödkonstruktioner, Betaberäkningar
 - 1:2007 EN 1997-1, kapitel 10 och 11, Slänter och bankar, Fas 1
 - 2:2007 Geoteknisk kategori
 - 3:2007 Fältmetoder dynamisk sondering, underlag nationell bilaga
 - 4:2007 EN 1997-1, kapitel 10 och 11, Slänter och bankar, Fas 2
 - 5:2007 Hantering av geoteknisk data
 - 6:2007 EN 1997-1 Kapitel 7, Pålgrundläggning, Fas 2
 - 7:2007 Konsekvens analys EN 1997-2
 - 1:2008 EN 14688 Klassificering
 - 2:2008 Tillämpningsdokument - Grunder EN 1997
 - 3:2008 Bergtunnel, fas 2
 - 4:2008 Tillämpningsdokument – Dokumenthantering
 - 5:2008 EN 22475-1 Provtagning och grundvattenmätning
 - 6:2008 Tillämpningsdokument – EN 1997-1 kapitel 10 och 11, Slänter och bankar
 - 7:2008 Tillämpningsdokument – EN 1997-1 kapitel 6, Plattgrundläggning
 - 8:2008 Tillämpningsdokument – En 1997-1 kapitel 7, Pålgrundläggning
 - 1:2009 EN 1997-1 Kapitel 8, Stödkonstruktioner, Fas 2
 - 2:2009 Tillämpningsdokument – EN 1997-1 kapitel 8 stödkonstruktioner
 - 3:2009 Vägledning för tillämpning av Skredkommissionens rapport 3:95 och 2:96 i enlighet med Eurokod. Fas 1 Frågeställningar
 - 1:2010 EN 1997-2, Marktekniska undersökningar i fält och laboratorie – fas 2 konsekvensanalys
 - 2:2010 Rapportering av geotekniska fältundersökningar (jord) – omfattning och fältprotokoll
 - 3:2010 Klassificering (jord) enligt SS-EN ISO 14688-1 och 2. Konsekvenser och förslag till åtgärder
 - 4:2010 Tillståndsbedömning/klassificering av naturliga slänter och slänter med befintlig bebyggelse och anläggningar. Vägledning för tillämpning av Skredkommissionens rapporter 3:95 och 2:96
 - 5:2010 Tillämpningsdokument Bergtunnel och Bergrum
 - 6:2010 Observationsmetoden i geoteknik fas 1 och fas 2
 - 7:2010 Tillämpningsdokument Ankare EN 1997-1 kapitel 8
 - 8:2010 Tillämpningsdokument hantering av vatten
 - 9:2010 Tillämpningsdokument observationsmetoden inom geotekniken
 - 10:2010 Tillämpningsdokument EN 1997-2, Marktekniska undersökningar i fält och laboratorie
 - 11:2010 Tillämpningsdokument Stödmur
 - 12:2010 Tillämpningsdokument SS-EN/ISO 14688-1 – Identifiering och beskrivning
 - 13:2010 Tillämpningsdokument SS-EN/ISO 14688-2 - Klassificering
-