

Kvalitetssäkring av geokonstruktioner

Utförandeplaner och kontrollplaner

LEIF JENDEBY
CONNIE OLSSON
BO ORRE

Linköping i januari 2001



Statens geotekniska institut
Swedish Geotechnical Institute

Swedish Geotechnical Institute
Statens geotekniska institut
SE-581 93 Linköping, Sweden

Tel: 013-20 18 00 /Int: +46 13 20 18 00

Fax: 013-20 19 14 /Int: +46 13 20 19 14

E-post/E-mail: ~~sgi@geotek.se~~ *swedgeo.se*

Internet: ~~http://www.sgi-geotek.se~~

swedgeo

ISSN 1100-6692

Kvalitetssäkring av geokonstruktioner

Utförandeplaner och kontrollplaner

Leif Jendeby
Connie Olsson
Bo Orre



Datum: 2001-01-19
Objekt: SGI Dnr 1-9402-095
Kontaktperson: Connie Olsson

Statens geotekniska institut

581 93 LINKÖPING Telefon: 013-20 18 00 Telefax: 013-20 19 14



Kvalitetssäkring av geokonstruktioner

Utförandeplaner och kontrollplaner

Leif Jendeby
Connie Olsson
Bo Orre

Datum: 2001-01-19
Objekt: SGI Dnr 1-9402-095
Kontaktperson: Connie Olsson

INNEHÅLL

FÖRORD

- 0. SYFTE MED UTREDNINGEN**
- 1. UTFÖRANDEPLANER OCH KONTROLLPLANER**
- 2. BAKGRUND**
- 3. REGELVERK**
- 4. UTFÖRANDEPLAN/KONTROLLPLAN**
- 5. INNEHÅLL I KONTROLLPLANER**
 - 5.1 SCHAKT, SPONTNING,
GRUNDVATTENSÄNKNING**
 - 5.2 FYLLNING OCH PACKNING**
 - 5.3 PÅLNING**
 - 5.4 JORDFÖRSTÄRKNING**
- 6. EXEMPEL PÅ UTFÖRANDEPLAN**
- 7. REFERENSER**

Förord

Denna utredning initierades av SGF:s grundläggningkommitté 1993. En arbetsgrupp bildades bestående av :

Bo Orre,	Bo Orre Markråd AB
Leif Jendeby,	NCC Teknik
Connie Olsson,	Statens geotekniska institut (sammankallande i arbetsgruppen)

Björn Lundahl, Stabilator AB har fungerat som referensperson.

Huvuddelen av utredningsarbetet utfördes under 1994 och 1995.

SBUF beviljade i oktober 1993 bidrag till arbetet.

Utredningen har finansierats genom bidrag från de företag/organisationer som arbetsgruppens medlemmar representerar.

Arbetet har administrerats av SGI, projektnummer 1 940 2095.

Linköping den 19 januari 2001

För arbetsgruppen/Connie Olsson

Kvalitetssäkring av geokonstruktioner Utförandeplaner och kontrollplaner

0. Syfte med utredningen

Projektet syftar till att öka användning av utförande- och kontrollplaner inom det geotekniska området. En viktig del är beskriva innehåll i sådana planer. Behovet av detta har betonats vid uppföljningar av hur Boverkets konstruktionsregler tillämpas i branschen.

1. Utförandeplaner och kontrollplaner

I såväl de tidigare Nybyggnadsreglerna som de nu gällande BBR och BKR nämns begreppen **arbetsplan** och **kontrollplan**. Även i Väg 94, Bro 94 m fl Vägverkspublikationer finns dessa begrepp omnämnda. Att innebörden av de bägge begreppen upplevs som oklar bekräftades i en enkät som SGF (Svenska Geotekniska Föreningen) genomförde i samarbete med Boverket 1991.

Till följd av uppenbar risk för begreppsförvirring införs i denna rapport begreppet **utförandeplan** i stället för arbetsplan enl NR, BBR och BKR. Begreppet arbetsplan förbehålls för viss typ av handlingar för vägprojekt.

En **utförandeplan** är en plan för hur ett visst arbete avses bli utfört. En **kontrollplan** är en plan för den kontroll som skall utföras i anslutning till arbetet. En utförligare beskrivning av begreppen ges i avsnitt 4.

2. Bakgrund

Under de senaste åren har en stor del av de normer och regler som reglerar vårt byggande genomgått stora förändringar. En genomgående förändring är att allt mer ansvar läggs över på byggherren, och att myndigheter får färre kontrollerande uppgifter, dvs kontrollen skall mer skötas i form av egenkontroll.

I många fall har under de senare åren också skett en förändring av de "produkter" som tillhandahålls på marknaden. Från att tidigare ha varit just en "produkt" erbjuder man idag ofta en funktion. Ett exempel är t ex pålar, där man tidigare köpte ett visst pålelement, medan man idag köper en viss bärförmåga. Av detta följer att det inte räcker med att pålelementet i sig är acceptabelt, utan det måste också ha hanterats riktigt samt installerats och stoppslagits på ett riktigt sätt. För att kunna visa att så är fallet krävs att utföraren har en egen **kvalitetsplan**. En sådan omfattar då dels en utförandeplan som talar om hur olika moment i processen avses bli utförda, dels en kontrollplan som talar om vilken kontroll som skall genomföras, hur den skall dokumenteras samt vilka åtgärder som skall vidtas då kontrollen visar på icke acceptabla värden. Denna utveckling från produkter till hela system ställer således större krav på utförande- och kontrollplaner.

Eftersom upprättandet av utförande- såväl som kontrollplan innebär ett visst arbete, så kommer detta inte att utföras om inte minst en av följande omständigheter föreligger;

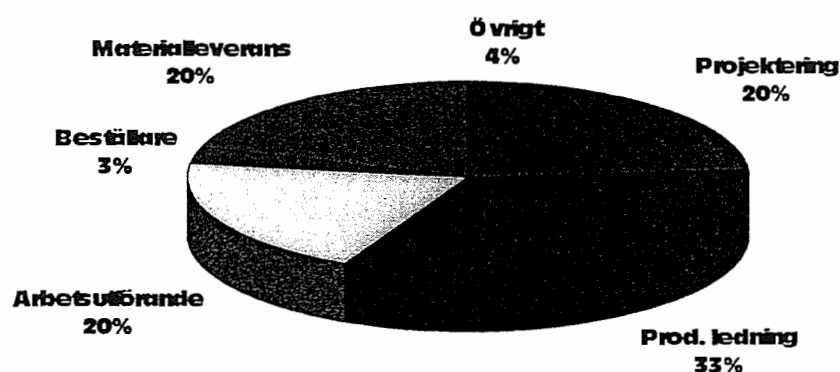
- ❖ det krävs av omgivningen, vilken i detta fall kan vara antingen beställaren eller en myndighet
- ❖ den som skall utföra arbetet finner att det är lönsamt att ha utförande- resp. kontrollplan.

Det är emellertid författarnas övertygelse att upprättandet av utförande- och kontrollplaner innebär att totalkostnaden för ett visst arbete reduceras. Naturligtvis är det inte upprättandet i sig som ger fördelarna, utan det faktum att man i förväg tvingas tänka igenom det arbete som skall utföras. I princip handlar det alltså om planering, där man försöker hitta de moment som är kritiska för arbetets genomförande. Det är dessa moment som skall behandlas i utförandeplanen, och som sedan skall bli föremål för kontroll.

Att ett sådant arbete verkligen är lönsamt visas i en forskningsrapport från CTH med titeln "Kvalitet i byggandet - Kvalitetskostnader" (Augustin m fl, 1989). Inom denna studie har man följt 22 olika arbetsplatser, varav en följts mycket noggrant, (kontinuerligt under 20 månader). Man fann att den totala felkostnaden motsvarade ca 6 % av den totala produktionskostnaden. Vidare fann man att insatsen för att avhjälpa uppkomna fel motsvarades av att ca 11 % av personalstyrkan kontinuerligt var sysselsatt med att rätta till uppkomna fel! En jämförelse med andra studier visar också att dessa siffror inte är exceptionellt höga, utan felkostnaden ligger inte sällan på ca 10 %. Övriga "kvalitetskostnader", dvs förebyggande kostnader och kontrollkostnader, ligger däremot ofta på ca 2 %.

Frågan är ju dock huruvida man genom att höja kostnaden för förebyggande åtgärder och kontroll kan få ner den totala kvalitetskostnaden. En studie vid det engelska entreprenadföretaget John Laing visade följande: I inledningsskedet av ett visst projekt hade man en total kvalitetskostnad motsvarande 5.6 % av anbudssumman varav felkostnaden utgjorde 4.1 %. När man uppmärksammade detta ökade man andelen förebyggande åtgärder och kontroll till motsvarande 3 % av anbudssumman varvid felkostnaden sjönk till motsvarande 0.6 % av anbudssumman. Kvalitetskostnaden hade således reducerats med ca 3.6 %.

Det kan vidare vara av intresse att känna till var i systemet felkostnaderna uppkommer. I det i CTH-rapporten beskrivna fallet var fördelningen enligt figur 1. Man kan således konstatera att mer än hälften av felen går att hänföra till brister på arbetsplatsen, men också att 1/5 av felkostnaden beror på fel i projekteringen. Den klart största felkällan visade sig vara produktionsledningen, dvs planeringen av arbetet.



Figur 1 *Fördelning av felkostnader vid ett byggnadsprojekt (Efter Augustin m fl, 1989)*

Om man dessutom går in på hur kostnaderna för bristande produktionsledning fördelar sig så finner man resultat enligt Tabell 1.

Tabell 1 *Felkostnader hänförliga till produktionsledning fördelade efter feltyp. (Efter Augustin m fl, 1989)*

Brister i arbetsberedning	29 %
Ofullkomlig arbetsplanering	23 %
Störningar i personalplanering	12 %
Förseningar	11 %
Övrigt	25 %

Man finner således att närmare 2/3 av felkostnaderna härrör från fel i arbetsplaneringen. Många av dessa fel skulle sannolikt kunna elimineras genom att genomtänkta utförandeplaner upprättats.

Ovanstående exempel gäller inte generellt, men det torde stå utom alla tvivel att en mer omsorgsfull planering av ett arbete ger en lägre totalkostnad. Behovet bör vidare öka med projektets komplexitet. "Rutinarbeten" kräver således sannolikt mindre planering. Utan tvivel finns såväl tekniska som ekonomiska motiv för att upprätta utförande- och kontrollplaner.

3. Regelverk

Kvalitetsaspekter behandlas i de regelverk som styr dimensionering och utförande av geokonstruktioner. I följande text redovisas en sammanställning av de uppgifter som redovisas i några av de viktigaste dokumenten.

3.1 BBR 94/BBK 94

Boverket behandlar **typgodkännande** och **tillverkningskontroll** i de inledande avsnitten av BBR och BKR. Hänvisning sker här till definitioner i PBL och Byggproduktlagen. Vad gäller tillverkningskontrollerade material och produkter avses **också** material och produkter som kontrolleras av särskilt kontrollorgan och särskilda kontrollregler, exv Styrelsen för teknisk ackreditering, SWEDAC.

BKR skiljer på **dimensioneringskontroll**, **mottagningskontroll** och **utförandekontroll**. Krav ställs på att dimensioneringskontroll skall utföras i säkerhetsklass 2 och 3 (men ej 1). Material och produkter som ingår i bärande konstruktioner skall genomgå mottagningskontroll. Bärande konstruktioner skall dessutom utsättas för utförandekontroll.

Syftet med **utförandekontroll** är att:

- ❖ säkerställa att arbetet utförs i enlighet med gällande ritningar och andra handlingar
- ❖ verifiera att projekteringsförutsättningar som är av betydelse för säkerheten är uppfyllda

Mottagningskontroll och utförandekontroll skall enligt BKR bestå av **grundkontroll**, vilken då så erfordras skall kompletteras med **tilläggskontroll**. Det ställs krav på att en **kontrollplan** skall upprättas för tilläggskontroll.

Följande generella definitioner på grundkontroll och tilläggskontroll ges i BKR:

***Grundkontroll** är den generella kontroll av material, produkter och arbetsutförande som alltid skall utföras.*

***Tilläggskontroll** skall ske av:*

- konstruktionsdetaljer som har avgörande betydelse för konstruktionens bärförmåga, stadga eller beständighet
- konstruktionsdetaljer med speciellt utförande
- omgivningspåverkan

I BKR:s avsnitt om Geokonstruktioner anges att **grundkontroll** skall omfatta kontroll av överensstämmelse mellan verkliga jord-, berg-, och grundvattenförhållanden och de förutsättningar projekteringen baserats på. Grundkontroll skall utföras i samtliga geotekniska klasser.

Tilläggskontroll skall i GK 2 omfatta objektsanpassad kontroll av konstruktionens bärförmåga, funktion och beständighet samt inverkan på omgivningen. I GK 3 skall tilläggskontrollen, förutom egenkontroll, dessutom omfatta kontroll utförd av en från det aktuella projektet oberoende sakkunnig.

I BKR:s avsnitt om Geokonstruktioner ställs i GK 2 och GK 3 krav på upprättande av en **arbetsplan**, här benämnd utförandeplan.

3.2 BN 88/BRO 94

Vägverket har regler för **kvalitetssäkring**, sk övervakande granskning av **handlingar**. Dessa innebär att en person, en sk kvalitetsansvarig, svarar för att konstruktionshandlingarna för ett broprojekt kvalitetssäkras. Som kvitto på utförd kvalitetssäkring kräver Vägverket ett sk kvalitetssäkringsintyg.

Som en del av konstruktionsredovisningen kräver Vägverket att en **kontrollplan** upprättas för broprojekt. Kontrollplanen skall innehålla en **allmän** och en **teknisk** del. Innehållet i kontrollplanen skall vara:

Den allmänna delen skall innehålla:

- omfattning av tilläggskontroll
- krav på speciell dokumentation
- krav på rapportering
- speciella förutsättningar

Den tekniska delen skall innehålla detaljerade krav på hur tilläggskontrollen skall utföras och omfattningen av kontrollåtgärderna.

Utöver konstruktionsredovisningen kräver Vägverket för sina broprojekt att broarbetena dokumenteras i en sk **slutrapport**. Denna rapport skall bl a innehålla:

- pålprotokoll
- pålplan
- provningsprotokoll

I bronormens avsnitt om grundläggning (avsnitt 3) nyanseras begreppen **grundkontroll** och **tilläggskontroll** och ställs vissa krav på **certifiering och verifiering av produkter**.

Grundkontroll kan utföras som **delkontroll** och skall omfatta kontroll av att utförandet överensstämmer med arbetshandlingar. Vissa kontrollåtgärder utpekas inom ramen för grundkontrollen, nämligen:

Pålning:

- kontroll av märkning av skarvar, bergskor och dubbar
- kontroll av bergskons bottenplåt och dubbens låsskruv
- inmätning av pålars planlägen och lutningar
- pållängdsbestämning
- kontrollberäkning av pålgrupps verkliga bärförmåga
- protokollföring av pålars sjunkning vid slagning

Schaktning:

- kontroll av jordart och fasthet i schaktbotten
- kontroll av effekt av grundvattensänkning (grundvattenmätning eller porttrycksmätning)
- vattennivå inom spont vid undervattensschakt

Fyllning:

- lagertjocklekar
- packningsutrustning och antal överfarter
- temperatur
- geometri
- kornstorlekar
- sjunkningsmätning vid packning av sprängstensfyllning

Tilläggskontroll skall omfatta de objektsanpassade åtgärder som konstruktören bedömer angelägna. Kontrollåtgärderna och deras omfattning skall redovisas i **kontrollplan**. Vissa kontrollåtgärder utpekas inom ramen för tilläggskontroll:

Pålning:

- kontrollslagning
- efterslagning
- integritet (analys av stötvågmätningens resultat)
- krökning (lodtolkning eller inklinometermätning)

Plattgrundläggning:

- grundvattenmätning, porttrycksmätning
- schaktbottenkontroll (bottenuppluckring) vid grundvattensänkning
- schaktbottenbesiktning (efter rensning) av sprängd bergyta

Krav på **certifiering** ställs på förtillverkade betongpålar och stålpålar. Även pålskarvar, pålskor och inspektionsrör skall **verifieras** enligt vissa krav. **Verifieringskrav** ställs också på material till packad fyllning (grus, sprängsten och sorterad sprängsten) och material till erosionsskydd för brostöd i vatten.

3.3 BYGGVÄGLEDNING, BVL 6:3

Grundkontroll beskrivs som:

Grundkontroll omfattar det som alltid bör kontrolleras för en viss typ av geokonstruktion. Den omfattar normalt besiktning av schaktgropar och granskning av överensstämelsen mellan därvid erhållen information och de jord-, berg-, och grundvattenförhållanden som förutsatts vid dimensioneringen.

Tilläggskontroll beskrivs som:

De åtgärder utöver grundkontrollen som projektören bedömt nödvändiga för att säkerställa att vissa väsentliga förhållanden som antagits vid dimensioneringen överensstämmer med förhållandena i den verkliga konstruktionen och som han därför föreskriver i kontrollplanen.

3.4 AB 92

I AB 92 har under kapitel 3 §4 införts **regel om kvalitetssäkring**. Regeln är mycket kortfattad:

Part skall ombesörja åtgärd som han åtagit sig enligt avtalad kvalitetsplan.

Begreppet "**kvalitetsplan**" är i AB 92 definierat som:

Handling som anger de särskilda kvalitetspåverkande åtgärderna, deras ordningsföljd och de resurser som skall användas.

3.5 AFAMA 92

AFAMA ger under "AF 2.21 Kvalitetsangivelser" möjlighet för beställaren att ange kvalitetskrav på arbetsutförande. Fyra olika alternativ ges för framställning av kvalitetskrav nämligen:

- ❖ *norm, standard eller funktionskrav*
- ❖ *visst fabrikat (arbetsmetod) eller likvärdigt*
- ❖ *alternativa fabrikat (arbetsmetoder)*
- ❖ *visst fabrikat (arbetsmetod)*

Diskussionen om hur man skall ställa funktionskrav på rimligt sätt pågår i branschen och normerade funktionskrav kommer troligen att bli vanligare i framtiden.

Version 92 av AFAMA innehåller en ny kod och rubrik "AF 2.35 Kvalitetssäkring". I detta avsnitt redovisas kvalitetsarbetets mål och medel, kvalitetsansvariga hos entreprenören och beställaren, kvalitetsplan, kontroll och provning.

Möjlighet finns att här ställa krav på upprättande av en **kvalitetsplan** för entreprenaden. I Motiv AFAMA 92 anges som exempel följande huvudpunkter i kvalitetsplanen;

1. *Orientering*
2. *Organisation*
3. *Planering/Inköp*
4. *Produktion*
5. *Avslutning*
6. *Dokumentation/Erfarenhetsåterföring*

De mest omfattande punkterna, 4 och 5, omfattar bl a kvalitetsronder, egenkontroll, produktionsuppföljning, med checklistor, besiktningsförberedelser, kvalitetskontroll

Projektgenomgång (AF 2.353) är en ny rubrik i AFAMA 92. Projektgenomgång är till för att samordna insatser för kvalitetssäkring.

Under rubriken **Kontroll** (AF2.354) behandlas endast av beställaren påfodrad kontroll. Entreprenörens egenkontroll, som görs därutöver, skall framgå av kvalitetsplanen.

I AFAMA 92 skiljer man på **provning** - undersökning för att bestämma en eller flera egenskaper hos ett objekt - och **kontroll** - undersökning för att fastslå om ett objekt beträffande en eller flera egenskaper fyller givna krav. Under rubriken **Provning** (AF 2.355) behandlas en-

dast obligatorisk provning och provning föreskriven av beställaren. Övrig provning som entreprenören planerar skall framgå av kvalitetsplanen.

Begreppen "arbetsplan", "kontrollplan" och "verifiering (av krav)" finns ej i AFAMA 92.

3.6 KONTROLL AV MARKARBETEN "KONTROLLAMA" (1988)

Syftet med denna handbok är att genom råd och anvisningar ange vilken kontroll som i allmänhet är motiverad från beställarens synvinkel. Handboken har karaktär av checklista. Vägledning för kontrollens genomförande - dvs information om hur kontrollen bör utövas - ges genom hänvisningar. Motiv för varför vissa kontrollåtgärder tillråds ges dock inte. Med handboken som hjälpmedel kan en plan för kontroll (kontrollplan) upprättas.

3.7 PLATTGRUNDLÄGGNING (1993)

Handboken innehåller ett särskilt avsnitt om kontroll (avsnitt 7).

I tabellform redovisas **exempel på åtgärder** vid grundkontroll och tilläggskontroll i geoteknisk klass 1 - 3.

En förteckning över vad som bör kontrolleras vid plattgrundläggning redovisas. Förteckningen har utarbetats i anslutning till Mark AMA 83 i syfte att underlätta upprättande av kontrollplaner. Under följande rubriker är vägledningen disponerad:

- ❖ *Jordförhållanden*
- ❖ *Grundvattenförhållanden*
- ❖ *Befintligt*
- ❖ *Nivåer, lägen, avvikelser*
- ❖ *Bergförhållanden, block och jordstenar*
- ❖ *Spont*
- ❖ *Vattenavledning*
- ❖ *Jordschakt*
- ❖ *Bergschakt*
- ❖ *Fyllning för grundläggning*
- ❖ *Fyllning för dränering av hus*
- ❖ *Tätning, avjämning, materialskiljande lager*
- ❖ *Dränerande skivor*
- ❖ *Komplement rörande kontroll av packad fyllning*

Under den sista rubriken diskuteras ingående utförandekontroll och resultatkontroll av packad fyllning. Vägledning ges här för kontrollkriterier vid packning.

3.8 PÅLGRUNDLÄGGNING (1993)

Handboken innehåller ett särskilt avsnitt om kontroll (avsnitt 10). Avsnittet är disponerat enligt följande:

- ❖ *Allmänna krav (bl.a. kontrollplan)*
- ❖ *Kontroll av slagningsutrustning*
- ❖ *Kontroll av påelement*
- ❖ *Kontroll av slagning*
- ❖ *Pålprotokoll*
- ❖ *Produktionskontroll*
- ❖ *Pålinmätning*
- ❖ *Omgivningskontroll (buller, markrörelser, vibrationer)*

I ett avslutande avsnitt ges exempel på uppgifter i arbetsatt ta med i utförande- och kontrollplaner för pålningsarbeten.

4. Utförandeplan, kontrollplan

Mark- och grundläggningsarbeten för ett objekt varierar av naturliga skäl inom vida gränser vad gäller arbetenas art, omfattning och svårighetsgrad. För en del objekt är det aktuellt med endast enkla, rutinemässiga schakt- och fyllningsarbeten, vilka på ett naturligt sätt genomförs i viss ordning utan problem. För andra objekt fordras mer kvalificerade arbeten, t ex djupare schakter med mer eller mindre omfattande och kvalificerade hjälparbeten i form av spont och tillfällig grundvattensänkning. Andra exempel är fyllnings- och pålningsarbeten av sådan art och omfattning att särskild geoteknisk hänsyn måste iakttas för arbetenas genomförande.

4.1 UTFÖRANDEPLAN

Behovet av en utförandeplan bedöms i geoprojekteringen då aktuella mark- och grundläggningsarbeten klarläggs till art, omfattning och svårighetsgrad. Initiativet till en utförandeplan tas således av beställaren genom att denne på lämplig plats i förfrågningsunderlag eller bygghandling **föreskriver** att utförandeplan skall upprättas.

Med "lämplig plats" menas i en beskrivning (teknisk beskrivning eller mängdbeskrivning). I råd och anvisningar (RA) för upprättande av sådan beskrivning är det naturligt med "ange om utförandeplan skall upprättas" under kod och rubrik för hjälparbeten, schakter, fyllningar och pålning m m.

Geoprojektören skall således först ta ställning till om rådet skall följas i det aktuella projektet eller inte (dvs samma ställningstagande som gäller för en mängd andra råd). Då det befinnas motiverat att upprätta en utförandeplan anges detta under aktuell kod och rubrik. Särskilda geotekniska samband som har betydelse för utförandet, t ex sänkning av grundvattnets trycknivå före schaktning till viss nivå, anges på vanligt sätt som krav eller restriktion.

Föreskrift om upprättande av utförandeplan skall således ses som en begäran om "kvitto" på att entreprenören har uppfattat de aktuella mark- och grundläggningsarbetena rätt vad gäller svårighetsgrad, restriktioner, tänkbara metoder och åtgärder, strategi, ordningsföljd för utförandet m m.

Ibland kan det finnas skäl att begära en utförandeplan redan i anbudskedet. Föreskrift om utförandeplan kan då förslagsvis formuleras:

Anbudsgivare skall efter anfordran redovisa en grov, principiell utförandeplan för

Entreprenören skall innan arbetena påbörjas redovisa en (mer) detaljerad utförandeplan avseende..... Av utförandeplanen skall framgå.....

4.1.1 Vad bör ingå i en utförandeplan?

Eftersom avsikten från beställarens sida är att förvissa sig om att geokonstruktionerna ska bli utförda med rätt kvalitet är det primära intresset knutet till anbudsgivarens eller entreprenörens uppfattning om hur arbetena enligt handlingarna skall genomföras med hänsyn till redovisade förhållanden, förutsättningar, föreskrifter och krav. Utförandeplanen bör således redovisa aktiviteter och åtgärder enligt modell **NÄR, VAR och HUR** för de arbeten som planen skall omfatta.

4.1.2 Utförandeplanens status

En utförandeplan från en anbudsgivare är en till anbudet kompletterande handling, som med automatik kommer att ingå i kontraktshandlingarna.

En utförandeplan från entreprenören är en av denne upprättad arbetshandling redovisande avsett utförande av vissa arbeten. Handlingen tillkommer efter kontrakt och är antingen en utvecklad variant av en utförandeplan från anbudsskedet eller en ny, separat handling för förtydligande av tänkt förfarande m.m.

4.2 KONTROLLPLAN

Behovet av en kontrollplan, varmed menas en systematisk plan för genomförandet av **tilläggskontroll** i produktionen, bedöms likaså i projekteringen. Aktuella mark- och grundläggningsarbetens art, omfattning och svårighetsgrad samt vikten av att arbeten utförs på visst sätt mot ett definierat resultat avgör behovet av kontrollaktiviteter **utöver** de som hänförs till sk grundkontroll.

Geoprojektören har således att från fall till fall ta ställning till vilken tilläggskontroll som skall föreskrivas i handlingarna. Lämplig plats för att föreskriva sådana kontrollaktiviteter, deras omfattning och tidsmässiga inordning i produktionen samt krav på dokumentation och redovisning är i en beskrivning (teknisk beskrivning eller mängdbeskrivning). Vägledning (råd och anvisningar) för projektörer finns i Råd och Anvisningar till AMA.

Eftersom kontrollaktiviteter på ett eller annat sätt skall inordnas i produktionen och då aktiviteterna medför kostnader - inte sällan relativt stora - är det angeläget att kontrollerna förtecknas systematiskt under kostnadsbärande kod och rubrik i beskrivningen. Den egentliga kontrollplanen kan - i skriven eller illustrerad form - vara en **separat handling** med rangordning anpassad till formen.

4.21 Vad bör ingå i kontrollplan?

En kontrollplan bör redovisa de kontrollaktiviteter och liknande som är hänförliga till begreppet tilläggskontroll.

4.22 Kontrollplanens status

Aktiviteter för **tilläggskontroll** anges systematiskt i en beskrivning och blir därmed föreskrivna, beställda arbeten. Om beställaren upprättar den egentliga kontrollplanen blir den rangordnad antingen som ritning (illustration, schema) eller som bilaga till beskrivningen. Om beställaren väljer att endast i beskrivningen ange kontrollaktiviteterna och att från entreprenören begära upprättande av en kontrollplan blir denna arbetshandling som komplement till kontraktshandlingarna.

5. Innehåll i kontrollplaner

5.1 SCHAKT, SPONTNING OCH GRUNDVATTENSÄNKNING

Kontroll i samband med schakt, spontning och grundvattensänkning kan krävas av många olika skäl. Dessa kan i de flesta fall hänföras till en av följande huvudrubriker;

- ❖ **Säkerhet** - schakten skall ha betryggande stabilitet
- ❖ **Krav på beskaffenhet** - schaktbotten skall användas för grundkonstruktion,
- ❖ **Omgivningspåverkan** - schakten i sig, spontning och grundvattensänkning påverkar ofta omgivande mark och konstruktioner
- ❖ **Föroreningar** - kontroll av att uppschaktade massor ej är förorenade blir allt vanligare

De kontrollinsatser som erfordras för schakt, spontning resp. grundvattensänkning skiljer sig i många stycken, varför dessa behandlas separat nedan.

Eftersom de aktuella aktiviteterna ofta är av temporär art, så är den löpande kontrollen i allmänhet mer omfattande än efterkontrollen. Någon generell uppdelning i löpande kontroll resp. efterkontroll görs därför inte utan dessa beskrivs gemensamt.

5.1.1 Kontroll vid schakt

Kontroll i samband med schaktarbete bör ske avseende ett antal olika parametrar, vilka översiktligt beskrivs nedan.

Den uppschaktade jordens egenskaper

Den jord som schaktas upp skall alltid kontrolleras mot redovisade undersökningsresultat och angivna förhållanden i handlingarna. Avvikelse skall alltid meddelas beställaren oavsett om man på arbetsplatsen anser att det är av betydelse eller ej. Avvikande egenskaper hos undergrunden innebär nämligen att projekteringsförutsättningarna ändrats, vilket kan ha såväl positiv som negativ inverkan på konstruktionen.

Om det finns anledning att misstänka att jorden är förorenad skall prover tas för analys. Omfattningen av denna provning avgörs av jordart, föroreningstyp, koncentration samt kostnader för åtgärder.

Grundvatten

Grundvattennivå och tillrinning skall kontrolleras och jämföras med vad som anges i handlingarna. En högre grundvattennivå eller ett större flöde än vad som antagits vid projekteringen kan exempelvis leda till stabilitetsproblem, hydrauliskt grundbrott eller ökad risk för erosion.

I många fall är det nödvändigt att installera grundvattenrör/porttryckmätare.

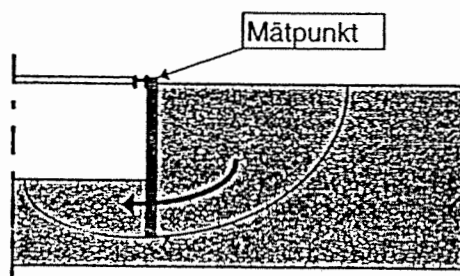
Om grundvattnet misstänks vara förorenat skall detta kontrolleras på samma sätt som för jord. I detta fall kan det också vara olämpligt att pumpa bort grundvatten.

Rörelser

En schakt kan aldrig utföras utan att man samtidigt får rörelser. Orsakerna till rörelserna kan vara flera, t ex kan det vara för låg säkerhet mot brott i jorden, en annan orsak kan vara hävning till följd av avlastningen.

Rörelser bör därför mätas i anslutning till en schakt. Omfattningen av mätningarna avgörs beroende på schaktens storlek, omgivning, jordart, mm.

Det är emellertid av stor vikt att rörelsemätningen sker med eftertanke. Beroende på vilken typ av rörelse som förväntas och vad som orsakar rörelsen, så kan såväl olika mätpunkter, mätriktningar och mätintervall krävas. Det är därför viktigt att man funderar igenom vad man kan förvänta innan man bestämmer mätprogram. Som exempel redovisas i figuren nedan en schakt med spont, vilken är stämpad i sin övre del. Att mäta rörelsen vid spontens överkant är i detta fall mindre lyckat om det är den visade glidytan som kan befaras. Detta beror på att spontöverkant i detta fall är placerad i rotationscentrum och därmed kommer att stå i stort sett stilla, även vid mycket stora rörelser i övrigt.



Rörelsemätning på "fel ställe" kan innebära att en rörelse inte upptäcks i tid

Vid all form av rörelsemätning på en byggarbetsplats måste man vara medveten om att mätpunkterna löper stor risk att såväl rubbas som att förstöras helt. Det är därför lämpligt att "slösa" med punkter, dvs ta några fler än vad som egentligen behövs. Det är både onödigt och dumt att försätta sig i en situation där man tvingas förlita sig på enstaka mätvärden, vilka dessutom kanske ger "underliga" resultat. Att mäta rörelser i flera punkter ökar dessutom möjligheten att bestämma vilket rörelsemönster som föreligger. Rörelsemätning kan lämpligen utföras på t ex

- spont/hammarband*
- schaktbotten (spik/färgmarkering etc)*
- pegglar*
- pålskallar*
- angränsande konstruktioner (grundsulor/framschaktade ledningar)*

Beroende på vilken typ av rörelse som förväntas, bör man också bedöma om man skall mäta vertikal- och/eller horisontalrörelser.

Erosion

Erosion uppkommer antingen då vatten strömmar in mot schakten, eller till följd av ytvattenflöde. I bägge fall kan kontrollen ske okulärt. Ansamlingar av finmaterial i schakten är ofta en indikation på att erosion förekommer. Speciellt bör man se upp med "pyramidformade" ansamlingar på schaktbotten vilket tyder på inre erosion, något som kan ge stora problem. I fall då speciella erosionsproblem kan förväntas kan det även vara lämpligt att installera portryckmätare.

Tjäle

Kontroll bör ske huruvida jord som schaktas upp eller finns på schaktbotten är tjälad eller ej.

Schaktbottens beskaffenhet

Schaktbottens beskaffenhet skall alltid kontrolleras. Aktuell jordart skall jämföras med den som anges i handlingarna. Vidare skall kontrolleras huruvida uppluckring skett av schaktbotten, antingen till följd av oförsiktig schaktning eller pga grundvattenflöde.

Schaktbottens nivå skall alltid kontrolleras, och i vissa fall kan det finnas skäl att göra detta vid mer än ett tillfälle, exempelvis om man kan misstänka en tidsberoende hävning.

Hos en del jordar förändras de tekniska egenskaperna i samband med schakten. För t ex friktionsjordar är såväl sättningsegenskaper som hållfasthet beroende av spänningsnivån. Det kan därför i vissa fall (speciellt vid mycket djupa schakter) finnas anledning att kontrollera jordens geotekniska egenskaper från schaktbotten. Vissa jordar kan också förändras genom att de utsätts för syre och klimatisk påverkan, vilket kan innebära vittring eller annan form av omvandling. Även i dessa fall kan schaktbottens beskaffenhet behöva kontrolleras vid mer än ett tillfälle.

Grundvattensänkning

Vid all schakt under grundvattenytan sker en grundvattensänkning om inte schakten utföres under vatten (med oförändrad gv-nivå). Ofta är det därför viktigt att kontrollera effekterna av detta.

Befintliga konstruktioner

Befintliga konstruktioner (grundkonstruktioner, ledningar, stag etc) skall kontrolleras avseende läge och kondition. Om avvikelser i förhållande till vad som anges i handlingarna konstateras skall detta meddelas beställaren.

Grundkontroll i samband med schaktning kan anses vara besiktning av schaken/schaktbotten, då verklig jordprofil (inkl grundvatten) jämförs med förutsatt. Övrig kontroll betraktas som tilläggskontroll.

5.1.2 Kontroll vid spontade schakter

Detta avsnitt behandlar installation av spont inklusive montering av hammarband, stämp och stag. Vidare behandlas dragning av spont. Kontroll i samband med borrhning (av spont eller stag) och svetsning behandlas endast marginellt.

INSTALLATION AV SPONT

I samband med installation av spont bör följande kontrolleras:

❖ Spontens geometriska läge

Det skall kontrolleras att sponten står i rätt läge, samt att den är slagen till föreskrivet djup.

I många fall är det lämpligt att kräva en grafisk dokumentation av exempelvis spontunderkant. Med "spontens läge" avses här hela sponten, dvs inklusive ev stämp, stag, hammarband etc. Nivån på ett hammarband är väsentlig för avsedd funktion och skall kontrolleras.

I många fall krävs att sponten skall slås till ett visst djup ner i ett material vars övre gräns man inte känner i förväg (t ex friktionsjord underlagrande en lera). I ett sådant fall är det lämpligt att som kontroll använda sig av slag/sjunkningsmätning av t ex var femte spontplanka.

❖ Spontfotens anslutning mot berg

I många fall är sponten avsedd att ansluta mot berg. Då detta sker med hjälp av dubb bör dubbarnas kondition, fria längd samt anslutning mot berg kontrolleras genom successiv och försiktig framschaktning.

I vissa fall övergår en spontad jordschakt i en bergschakt. I dessa fall är det viktigt att bergets kvalitet vid spontfoten kontrolleras.

Om en spont är bakåtförankrad med stag som lutar nedåt så erfordras en viss bärförmåga vid spontfoten, vilket i många fall innebär att sponten av detta skäl bör ha god bergkontakt. Detta kan kontrolleras genom successiv framschaktning av spontfoten med samtidig okulär kontroll. Har man inte bergkontakt kan det medföra att spontens bärförmåga bör verifieras genom t ex stoppslagning.

❖ Rörelser

Vid installation av spont uppkommer alltid rörelser. Dessa kan orsakas antingen av skakningar vilket kan leda till sättningar (omlagring av löst lagrad friktionsjord) eller av massundanträngning (sidorörelser och/eller hävning i lera eller fast lagrad friktionsjord). Registrering av rörelser kan därför krävas antingen på angränsande konstruktioner eller direkt i/på mark. Vanligt är att mätning sker med hjälp av mätspik, peglar eller inklinometer.

I samband med installation av Berlinerspont bör man kontrollera att fyllningen bakom inbrädningen utförs på föreskrivet sätt.

❖ Vibrationer

Spontslagning ger upphov till vibrationer vilka kan vara skadliga för närliggande konstruktioner, varför vibrationsmätning kan vara nödvändig.

❖ Portryck

Spontning kan ge upphov till ökade portryck. I vissa fall kan därför portryckmätning krävas.

❖ Hållfasthetsnedsättning

Vid omfattande spontning i t ex sensitiv lera kan hållfastheten påverkas negativt, vilket i vissa fall kan motivera kontroll av hållfastheten efter det att sponten har installerats.

❖ Buller

Mätning av buller kan krävas i vissa fall. Detta kan innebära att man måste byta installationsmetod eller vidta bullerreducerande åtgärder.

❖ Provdragning av stag

Provdragning av stag krävs normalt i samband med installationen, men kan även krävas vid senare tillfällen. Om stag installeras i krypbenägen jord skall provningsförfarandet anpassas efter detta.

❖ Svetsar och ”mellanlägg”

Det är i många fall av stor vikt att god kontakt erhålles mellan t ex spont och hammarband, däremot är det inte alltid helt enkelt att installera sponten med tillräcklig precision. Det kan därför vara lämpligt att kontrollera såväl svetsar som eventuella ”mellanlägg”.

❖ Hinder

Alla hinder som upptäcks vid installation av sponten skall dokumenteras, och meddelas beställaren.

Grundkontroll vid spontning kan anses innebära att man okulärt kontrollerar att sponten installeras i enlighet med gällande handlingar. Övrig kontroll är tilläggskontroll.

DRAGNING AV SPONT

Även då en spont dras upp kan det finna skäl att utöva viss kontroll. Exempel på detta är;

❖ Sättningar

Då sponten dras kommer den volym som sponten upptar att fyllas med jord, vilket innebär att man erhåller en viss sättning. Speciellt då spont installerats i lera vill den gärna ”häfta vid” sponten då denna dras upp, vilket innebär att ”hålrummet”, och därmed också sättningarna, blir större. Det kan således finnas skäl att kontrollera rörelser i samband med spontdragning.

❖ Vibrationer

I vissa fall användes pneumatisk spontdragare, vilket kan medföra vibrationer. Vibrationsmätning kan då vara nödvändig.

5.1.3 Kontroll vid grundvattensänkning

En grundvattensänkning innebär nästan undantagslöst en inverkan på omgivningen. I många fall kan dessutom effekterna sprida sig långt utanför den aktuella schakten eller arbetsplatsen. Avgörande för vilken spridning en grundvattensänkning får är;

- topografi
- jordart (inklusive avstånd till, och egenskaper hos, underliggande berg)
- grundvattensänkningens omfattning (avsänkingshöjd samt utbredning i plan)
- grundvattensänkningens varaktighet
- schaktens utformning inklusive sponter etc
- eventuella ”artificiella” strömningskanaler (ledningar, ledningsgravar återfyllda med grovt material, etc)

I samband med en grundvattensänkning kan följande kontrollinsatser vara aktuella;

Grundvattennivåer

Ofta krävs att man mäter grundvattennivåerna i anslutning till schakten samt på strategiska platser i omgivningen. Mätning kan ske i befintliga brunnar eller i grundvattenrör. I lågpermeabla jordar krävs ofta portryckmätare.

Sättningar

En grundvattensänkning kan orsaka sättningar varför det kan vara lämpligt att följa eventuella rörelser hos angränsande konstruktioner.

Vattenkvalitet

En grundvattensänkning innebär med nödvändighet att strömningsriktningarna i jorden förändras. I vissa fall kan detta innebära att förorenat vatten (t ex läckvatten) kan finna nya och oönskade? vägar, vilket i sin tur kan motivera att man mäter kvaliteten på det vatten som pumpas bort.

Vattenmängder

Beroende på hur stor vattenvolym som pumpas bort kan man dra slutsatser beträffande den verkliga geohydrologiska situationen överensstämmer med vad som antagits vid projekteringen. Vidare kan förändringar i bortpumpad volym vara en god indikation på att något har inträffat. Därför kan det ibland vara lämpligt att mäta vilken volym som pumpas bort per tidsenhet.

Utöver ovanstående kan stora problem uppstå vid t ex ett strömbrott då pumparna stannar. I friktionsjord kan detta mycket snabbt leda till stabilitetsproblem i schakten. Liknande problem kan uppstå om de ledningar som transporterar vattnet tillåts frysa. Bägge dessa riskfaktorer bör beaktas, och kan medföra såväl kontrollinsatser som åtgärdsberedskap.

Grundkontroll i samband med grundvattensänkning kan anses innebära att man kontrollerar att den avsänkning som eftersträvas verkligen åstadkommes. Övrig kontroll är tilläggskontroll.

5.2 Fyllning och packning

I detta avsnitt behandlas kontrollaktiviteter i samband med fyllning och packning av jord- och bergmassor. Sådana arbeten utförs vanligen enligt väl utvecklad teknik och beprövade rutiner. Ibland förekommer mer komplicerade fyllnings- och packningsarbeten, tex djuppackning med vibrovinge eller fallvikt.

Kontroll i samband med all dagliga fyllnings- och packningsarbeten, dvs sådana arbeten som till största delen utförs med ytpackande, vibrerande redskap och vältrar, är dels löpande kontroll under utförandet och dels efterkontroll av resultatet. Kontroll skall avse:

- ❖ fyllningsmaterialet, lagertjocklekar
- ❖ packningsredskap, antal överfarter
- ❖ omgivningspåverkan – främst vibrationer
- ❖ ytjämnhet
- ❖ bärighet, hållfasthets- och deformationsegenskaper

5.21 Fyllningsmaterial, lagertjocklekar

Kontroll skall avse att fyllningsmaterialet uppfyller angivna krav i fråga om materialtyp och dess sammansättning, t ex finjordshalt. Vidare skall kontroll avse att materialet läggs ut med föreskriven lagertjocklek. Härvidlag skall det särskilt observeras att den lagertjocklek som normalt föreskrivs är lagertjocklek **efter** packning.

Denna löpande kontroll av material och lagertjocklekar är grundkontroll.

5.22 Packningsredskap, överfarter

Kontroll skall avse dels att packningsredskapet svarar mot lagertjocklek, dels att antalet överfarter genomförs.

Denna löpande kontroll av redskap och överfarter är grundkontroll.

5.23 Omgivningspåverkan

Risken för att undergrund eller grundkonstruktioner m m i närheten av ett packningsarbete skall påverkas av vibrationer är inte alltid lätt att förutse. Handlingar i form av ritningar och beskrivningar för bl a packningsarbeten innehåller ofta resultat av s k riskanalys med restriktioner i samband med påslagning och sprängning. Allt för sällan finns det i handlingarna motsvarande restriktioner i samband med packningsarbeten – trots att sådana kan påverka omgivningen på samma sätt som andra vibrationsalstrande mark- och grundläggningsarbeten.

Det finns alltså all anledning att löpande kontrollera packningsarbetens inverkan på omgivningen. Det kan finnas jordlager med sådan lagringstäthet att omlagring inträffar, d v s att sättningar inträffar i samband med packningen.

Denna kontroll är grundkontroll.

5.24 Ytjämnhet

Efterkontroll av ytjämnhet är grundkontroll.

5.25 Bärighet, hållfasthets- och deformationsegenskaper

Resultatet av packningsarbetet skall ibland kontrolleras genom efterkontroll. Detta kan utföras lagervis – etappvis i samband med uppfyllnad – eller på den färdiga ytan.

Kontroll av bärlighet på färdig terrass för väg är grundkontroll enligt Väg 94. Övrig kontroll av bärlighet eller kontroll av hållfasthets- och deformationsegenskaper är tilläggskontroll. Bärlighetsmätning utförs normalt genom statisk plattbelastning, men kan efter lokal kalibrering även utföras med lätt fallvikt eller fallviktsdeflektometer.

5.3 PÅLNING

Detta avsnitt behandlar i huvudsak slagna pålar av betong och stål eftersom dessa påltyper är helt dominerande på den svenska pålmarknaden. Pålning med andra typer av pålar, exv grävda eller borrade pålar kräver delvis andra kontrollinsatser.

Slagna pålar behandlas ofta "omilt" under själva installationen. Pålningens arbeten innebär också att buller, skakningar och störningar kan uppkomma i jord och grundvatten i samband med installationen av pålarna. Pålarnas bärförmåga verifieras numera ofta genom sk dynamisk provning, dvs med mätningar på pålarna under installationen. Dessa omständigheter innebär att kontrollplaner för pålningsarbeten kommer att innehålla vissa **speciella kontrollinsatser**.

Metodik för utförande av kontrollinsatserna samt i övrigt råd och anvisningar för utförande av kontrollerna finns bl a i *Pålgrundläggning (1993)*.

Dokumentation av kontrollinsatser görs delvis i vedertagna former såsom pålprotokoll och rapporter från stötvågsmätningar.

En **sammanfattning** av de olika kontrollinsatser som erfordras i samband med pålningsarbeten kan göras under följande rubriker (med G betecknas sådan kontroll som normalt är att betrakta som **grundkontroll** och med T betecknas sådan kontroll som normalt är att betrakta som **tilläggskontroll**):

5.31 Slagningsutrustning (G)

- pålmaskin
- hejare
- dynor
- knektar

5.32 Pålmaterial (G)

- pålelement, skarvar, skor

5.33 Slagning

- läge, lutning (G)
- påkänningar i pålmaterial (T)
- skarvning (G)
- infästning i berg (T)
- kontrollslagning (T)
- efterslagning (T)

5.34 Produktionskontroll, integritetskontroll (T)

I svensk praxis för pålning används begreppen provpålning och produktionskontroll för den verifiering som görs av pålars bärförmåga i samband med installationen. Mätningarna för bärförmågeverifieringen används också för verifiering av pålarnas funktionsduglighet, sk integritetskontroll. Utöver bärförmåga kan i dessa fall raket och pålens tvärsnitt kontrolleras.

5.35 Omgivningskontroll (T)

buller
vibrationer
jordförskjutningar, sättningar
porvattenövertryck

5.4 JORDFÖRSTÄRKNING

Med jordförstärkning avses här förbättring av den befintliga jordens tekniska egenskaper. Med tekniska egenskaper menas i första hand hållfasthet och deformationsegenskaper. Jordförstärkning tillgrips när den naturliga jordens egenskaper inte räcker till för den tänkta belastningen. Kontroll i anslutning till jordförstärkning kan utföras i olika syften, av vilka de vanligaste är:

- ❖ Kontroll under arbetes gång. Denna kontroll benämns ofta **löpande kontroll**. Syftet med denna är dels att se att den använda utrustningen fungerar på avsett vis, dels att upptäcka om undergrundens egenskaper skiljer sig mot vad man antagit. Resultatet från den löpande kontrollen utgör också underlag för vilken efterkontroll (jfr nedan) som skall utföras. Eftersom den löpande kontrollen huvudsakligen avser utförandet, benämns den ofta utförandekontroll.
- ❖ Kontroll av den förstärkta jordens egenskaper. Denna kontroll benämns **efterkontroll** (resultatkontroll).
- ❖ Kontroll av jordförstärkningens eventuella inverkan på **omgivningen**. Denna kontroll utförs vanligen under själva förstärkningsarbetet, men kan i vissa fall behöva utsträckas till tiden efter förstärkningsarbetets avslutande.

Nedan behandlas kortfattat dessa tre former av kontroll för några av de idag vanligaste jordförstärkningsmetoderna, nämligen;

- ❖ Kalk/cementpelare
- ❖ Djuppackning
- ❖ Armerad jord
- ❖ Förbelastning/vertikaldränering

5.4.1 Kalk/cementpelare

Med kalk/cementpelare avses här kalk-, kalk/cement- eller cementpelare, med en inblandad mängd stabiliseringsmedel upp till ca 200 kg/m³. För en noggrannare beskrivning av kontroll av kalk/cementpelare hänvisas till SGF (1995).

Löpande kontroll (utförandekontroll)

Löpande kontroll bör ske avseende följande:

❖ Inblandningsmedlens sammansättning

Denna kontroll sker vanligen i form av mottagningskontroll, dvs att bifogade leveransdokument studeras.

De parametrar som normalt ställs krav på är partikelstorlek och flytbarhet. Beträffande kalk så bör även kalkens ålder kontrolleras eftersom denna får reducerad effekt efter lagring.

❖ Pelarnas läge i plan

❖ Pelarnas längd och lutning

❖ Utmatad mängd

❖ Rotations- och stigningshastighet

Denna information tillhandahålls idag regelmässigt av samtliga entreprenörer. Precisionen i de redovisade mängderna är tveksam, varför dessa diagram ej i första hand skall användas som detaljinformation. Vidare är det ännu inte allmänt så att redovisningen talar om den relativa fördelningen mellan kalk och cement, vilket är en brist. I de fall pelarna nyttjas för att öka stabiliteten bör man var observant på om sämre effekt erhålls i ett speciellt skikt.

Samtliga moment som beskrivits under löpande kontroll är i de flesta fall grundkontroll. Än så länge förekommer emellertid variationer i den redovisade dokumentationen, varför det trots detta kan finnas anledning att specificera denna kontroll i en kontrollplan.

En utveckling mot att finna bättre metoder för att bättre kontrollera pelarnas egenskaper och funktion pågår.

Efterkontroll (resultatkontroll)

Efterkontroll utförs idag i första hand beträffande pelarnas hållfasthet.

Kontroll av pelarnas hållfasthet utförs nästan uteslutande genom någon form av sondering. Man skiljer idag på sondering uppifrån och ner (KPS) och på omvänd sondering (OPS), där sondering sker nerifrån och upp. I de fall pelarna erhåller mycket hög hållfasthet (> 1 MPa) kan provtagning genom kärnborrning tillgripas. Prover testas sedan i laboratorium.

Provningens omfattning bör anpassas till de lokala förhållande beträffande geologi, resultatet från den löpande kontrollen (utmatad mängd), och den tänkta konstruktionen. För vägbyggnad testas idag normalt 1 % av pelarna (0.5 % vid större jobb).

Tidpunkten för testets utförande bör väljas med hänsyn till pelarnas hållfasthetsutveckling.

Om det är pelarnas sluthållfasthet som eftersöks så bör pelarna naturligtvis testas så sent som möjligt, men ibland är man intresserad av hållfastheten i tidigare skeden med hänsyn till att man vill belasta jorden i byggskedet. Vidare kan testning i ett alltför sent skede innebära att man inte länge kan använda sondering, utan tvingas tillgripa den betydligt kostsammare kärnprovtagningen.

På senare tid har försök utförts med dynamiska mätmetoder, i avsikt att bestämma såväl hållfasthet som deformationsegenskaper, men hittills är detta ingen praktiskt tillämpbar metod.

Efterkontroll bör i detta sammanhang ses som en tilläggskontroll.

Kontroll av omgivningspåverkan

Installation av kalk/cementpelare kan ge negativ påverkan på omgivningen, vilket kan innebära att följande bör kontrolleras:

❖ Uppkommande porövertryck.

Genom de kemiska reaktioner som blir följden av pelarinstallationen kan höga temperaturer uppkomma i jorden, vilket i sin tur kan orsaka höga porövertryck. Dessa kan i vissa fall äventyra stabiliteten i området.

❖ Sidoförskjutningar

De ovan beskrivna porövertrycken, samt det övertryck som används vid utmatningen kan ge upphov till sidorörelser hos jorden. Dessa kan dels skada närliggande konstruktioner, dels påverka stabiliteten. Sidorörelser kan också vara motiverade att mäta i slänter eftersom jorden omedelbart efter installationen erhåller en reducerad hållfasthet, vilket sänker stabiliteten i området. Sidoförskjutningar kan antingen mätas genom inmätning av markpunkter eller med inklinometer.

❖ Kemisk påverkan

I vissa fall kan kalken eller cementen i sig (vilka är starkt alkaliska) ha en negativ inverkan på omgivningen.

Eftersom omgivningskontroll inte alltid behöver beaktas, så är denna kontroll tilläggskontroll.

5.4.2 Djuppäckning

Djuppäckning kan utföras på en rad olika sätt. I Sverige har hittills nästan uteslutande använts fallviktsäckning eller vibrosond av typ Vibro-Vinge. Här beskrivs därför i första hand dessa två metoder. Kontrollinsatserna i samband med djuppäckning är relativt omfattande och sva-

rar ofta för ca 10 % av totalkostnaden. För en utförligare beskrivning av kontroll av djuppäckning hänvisas till Jendeby (1993).

Djuppäckning har fram till idag utförts i relativt begränsad omfattning. Något "allmänt vedertaget" förfaringssätt finns inte. Kontroll i samband med djuppäckning är tilläggskontroll.

Löpande kontroll, (utförandekontroll)

Den löpande kontrollen vid djuppäckning utgörs i första hand av sättningsmätning (kraterdjup vid fallviktspackning), dvs man registrerar vilken relativ kompression man erhåller i varje packningspunkt (kräver således att man känner jorddjup/packningsdjup).

Om man finner ett område där den relativa kompressionen blir mindre kan detta antingen bero på att packningseffekten här är sämre, eller att jorden här redan hade hög lagringstäthet.

Vid packning med vibrosond bör även den tid som krävs för en viss packning noteras eftersom denna kan variera kraftigt. Vid packning med vibrosond används ibland vibroaggregat med variabel frekvens, varvid man med hjälp av geofoner på markytan "mäter" systemets resonansfrekvens. Även denna procedur bör utföras då och då under packningens gång.

I vissa fall användes vibroutrustning där såväl frekvens som amplitud alltid hålles konstanta (t ex vid sk vibroflotation), och i dessa fall är den använda energin ett mått på packningsbarheten, varför denna kan utgöra en parameter för löpande kontroll.

Utöver ovanstående bör följande kontrolleras löpande:

- ❖ packningspunkternas läge
- ❖ vibrosondens vertikalitet / snedslag vid fallviktspackning
- ❖ uppkommande portryck

Höga portryck kan vara skadliga för omgivningen och kan utgöra en signal för att packningen bör utföras i flera steg med mellanliggande paus.

Efterkontroll (resultatkontroll)

Kontroll av djuppäckad jord är identisk med en konventionell geundersökning, och omfattningen bör, om inte speciella omständigheter föreligger, också kunna väljas lika med en vanlig undersökning. Omfattning av efterkontroll bör baseras på geologi och resultatet från utförandekontrollen. Den uppkomna sättningen är en viktig information.

Generellt bör val av resultatkontroll baseras på i vilket syfte packningen utförts, dvs om packningen har utförts i avsikt att minska sättningar så skall kontrollen avse jordens deformationsegenskaper.

I det fall det är jordens deformationsegenskaper som är avgörande så bör kontrollen ske med hjälp av:

- dilatometer eller pressometer
- dynamiska metoder, t ex ytvågsseismik, down-hole eller cross-hole
- sondering, främst trycksondering, men i undantagsfall kan även andra metoder komma ifråga

I fall då en ökning av jordens bärförmåga (hållfasthet) är syftet bör kontrollen ske genom:

- spetstrycksondering
- totaltrycksondering/viktsondering
- hejarsondering

Man bör vara medveten om att många av de empiriska samband mellan t ex sonderingsmotstånd och andra parametrar som normalt gäller, ofta inte är lika tillämpliga på packad (överkonsoliderad) jord.

Efterkontroll bör normalt ske någon vecka efter packningens avslutande eftersom såväl hållfasthet som deformationsegenskaper ofta uppvisar en viss ökning under denna period.

Kontroll av omgivningspåverkan

Djuppäckning ger normalt sett mindre påverkan på omgivningen än vad man intuitivt föreställer sig. Påverkan är ofta inte skadlig på större avstånd än motsvarande packningsdjupet. Följande kontrollåtgärder bör vidtas:

❖ Syn

Djuppäckning upplevs väldigt "farlig" varför många skador upptäcks i samband med sådana projekt, även om de uppkommit långt tidigare. Därför bör man alltid göra en noggrann syn av närliggande konstruktioner.

❖ Vibrationer

Vibrationer bör alltid mätas kontinuerligt under packningen. Redan tidigt i projektet bör man skaffa sig en uppfattning om hur stor spridning av vibrationer packningen ger i just detta fallet (eftersom det mycket svårt att ge generella regler).

❖ Rörelser

Främst vertikala, men även horisontella rörelser hos omgivande konstruktioner bör följas då packning sker i närheten (sättningsskador är sannolikt vanligare än vibrationskador i samband med djuppäckning).

❖ Portryck

Packningen ger ofta upphov till porövertryck, särskilt i finkornigare jordarter (silt, siltig sand). Dessa kan i vissa fall ge upphov till försämrad stabilitet.

❖ Stensprut

I samband med fallviktspackning kan man ibland (i finkorniga "täta" jordar) få "stensprut", dvs grus och sten slungas ut från packningspunkten.

5.4.3 Armerad jord

Armerad jord förekommer i Sverige främst i två former;

- ❖ Soil Nailing, där armeringselementen (oftast stålelement) installeras successivt i samband med att en slänt schaktas fram för vidare information om Soil Nailing hänvisas till Franzén (1993).
- ❖ Armering i samband med att en viss jordvolym byggs upp. Detta kan ske dels i form av slänter, dels i form av t ex väggroppar. I dessa fall utgörs armeringen oftast av plastnät.

Löpande kontroll (utförandekontroll)

Den löpande kontroll som krävs vid Soil Nailing skiljer sig från vad som krävs vid "nätarmering" varför dessa här behandlas separat.

Soil Nailing

I samband med Soil Nailing bör följande löpande kontroll utföras:

- ❖ Kontroll av att jorden har den sammansättning som antagits vid projektering. Detta görs dels i samband med schakten, dels genom en bedömning i samband med installation av elementen (borrning eller slagning).
- ❖ Kontroll av att inget grundvatten påträffas. Normalt vill man ej ha grundvatten i en slänt som är stabiliserad genom Soil Nailing.
- ❖ Kontroll av att elementen installeras i rätt läge, och med rätt lutning. Vid ingjutna element skall även kontrolleras att elementen placeras centriskt i hålen, (distanser).
- ❖ Erforderlig mängd bruk. Ofta installeras armeringselementen i ett brukfyllt hål och mängden bruk per element bör därför kontrolleras.
- ❖ Rörelser hos slänten bör kontinuerligt kontrolleras. Hur tätt och hur ofta detta bör ske beror dels på släntens höjd/bredd, dels på hur känslig omgivningen är för deformationer. Mätningen sker normalt genom geodetisk inmätning.

Av ovanstående punkter är de tre första grundkontroll. Övriga punkter är tilläggskontroll. Metoden Soil Nailing är relativt ny i Sverige varför det är klokt att ta med samtliga punkter i kontrollplaner.

Armering med nät

Armering med nät sker alltid i samband med att en jordvolym successivt fylls upp, varvid näten läggs in i jorden. Den löpande kontroll som då bör utföras är:

- ❖ Kontroll av att den anbringade jorden uppfyller uppställda krav (kornstorleksfördelning, mineralogi, vatteninnehåll mm.)
- ❖ Mottagningskontroll av armeringen (rätt typ, intyg på föreskrivna tester, ev infästningar, etc. Vidare skall armeringen vara oskadad och emballerad på föreskrivet sätt)
- ❖ Lagertjocklek
- ❖ Packningsförfarande (se avsnitt 5.2)
- ❖ Utläggning av armeringen (underlag, anslutningar, skarvar, läggningsriktning mm).
- ❖ Rörelsemätning bör utföras eftersom detta bl a ger en uppfattning om i vilken utsträckning armeringen mobiliseras

Samtliga löpande kontroller för nätarmerade konstruktioner är grundkontroll med undantag för rörelsemätningen.

Efterkontroll (resultatkontroll)

Efterkontroll av armerad jord sker endast i begränsad omfattning. I vissa fall kan det dock vara motiverat att följa rörelser efter det att arbetet avslutats. Vidare har i somliga fall föreskrivits att beständigheten hos armeringen skall kontrolleras även efter det att konstruktionen tagits i bruk.

I samband med Soil Nailing utförs utdragsprov av ett antal armeringselement, normalt ca 3 % av totala antalet "nails", (dock minst ca 5 st). Ju glesare elementen är placerade, desto större andel bör dock kontrolleras, och även en kontrollfrekvens på 1 utdragsprov per 200 m² omnämns i litteraturen. Ofta utförs emellertid dessa prov till stor del i början av arbetet varför det är principiellt tveksamt huruvida kontrollen kan betraktas som resultatkontroll. Armering med nät eller motsvarande kräver normalt ingen efterkontroll. Efterkontroll är tilläggskontroll.

Kontroll av omgivningpåverkan

Såväl Soil Nailing som armering med nät ger mycket liten påverkan på omgivningen.

I samband med Soil Nailing kan man dock tänka sig att rörelsemätning kan krävas om man har känsliga konstruktioner ovanför släntkrönet, (normalt är dock rörelserna mindre än 0.3 % av slänthöjden). I närheten av mycket känsliga konstruktioner kan man också tänka sig att vibrationsmätningar blir nödvändiga (borrning/installation vid Soil Nailing, packning vid armering med nät etc.)

All kontroll av omgivningspåverkan är tilläggskontroll.

5.4.4 Förbelastning/Vertikaldränering

Förbelastning utförs i avsikt att utvinna sättningar innan en konstruktion tas i bruk. Vid större jorddjup kombineras förbelastningen ofta med installation av vertikaldräner i avsnitt att påskynda sättningsförloppet.

Löpande kontroll (utförandekontroll)

I samband med förbelastning/vertikaldränering bör följande löpande kontroll utföras:

- ❖ att dränerna löper med under hela installationsförloppet (och således ej går av)
- ❖ dränernas läge, lutning och längd
- ❖ fyllningens (belastningens) mäktighet och sammansättning
- ❖ sättningsmätning; bör utföras med tidsintervall vilka väljs med hänsyn till det förväntade sättningsförloppet
- ❖ portryckmätning; bör utföras för att klargöra hur långt konsolideringen hunnit

Av ovanstående är de tre förstnämnda grundkontroll. Övrig kontroll är tilläggskontroll.

Efterkontroll (resultatkontroll)

Normalt krävs ingen efterkontroll vid förbelastning/vertikaldränering. I vissa fall kan man dock tänka sig att sättningsmätningar utförs även efter själva förbelastningsperioden. Detta är i så fall tilläggskontroll.

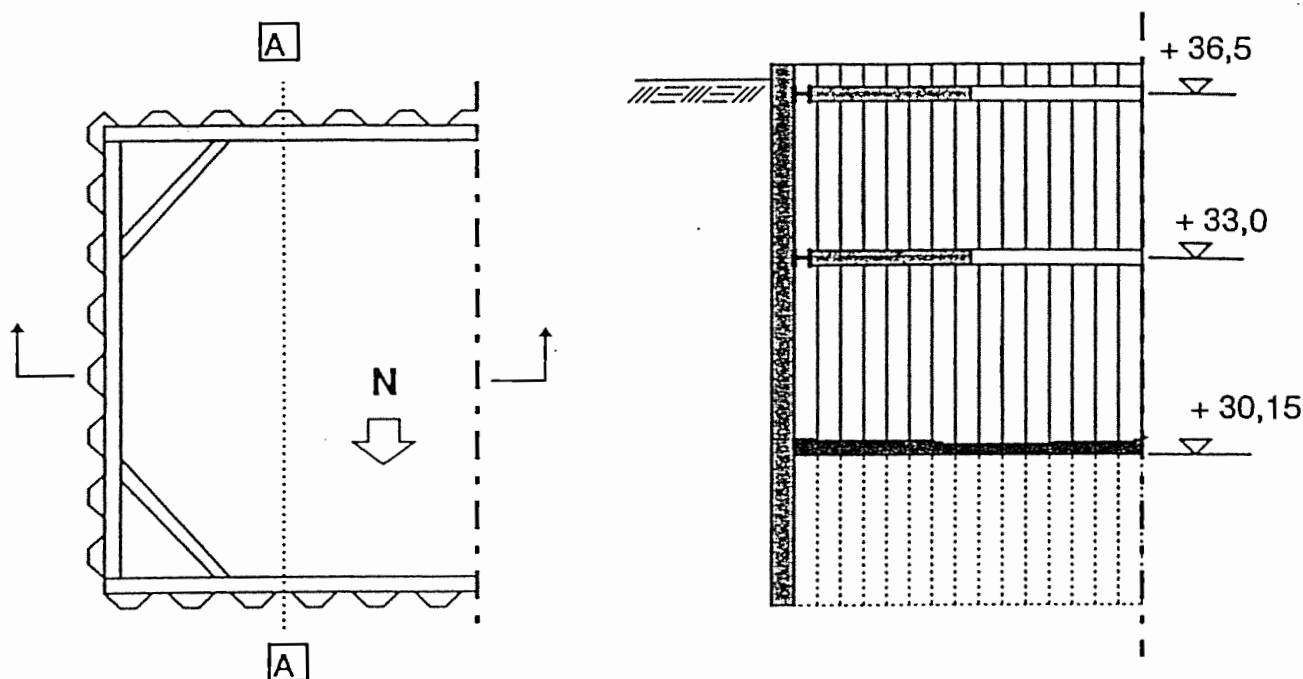
Kontroll av omgivningspåverkan

Förbelastning och vertikaldränering ger mycket liten påverkan på omgivningen. I vissa fall kan man dock tänka sig att följande kan vara lämpligt:

- ❖ Sättningsmätning utanför det förbelastade området. Detta kan bli aktuellt om sättningskänsliga konstruktioner finns i närheten (inverkan bör dock vara fullt prognostiserbar!)
- ❖ Portycksmätning; förbelastningen ger upphov till porövertryck vilka i skredkänsliga områden kan kräva kontroll

Kontroll av omgivningspåverkan är tilläggskontroll.

6. Exempel på utförandeplan



Utförandeplan

1. Spont slås till nivå +26,0
2. Schakt utförs till nivå +35,5 inom hela sponten
3. Övre hammarband och stämp monteraras
- K→**
4. Schakt utförs till nivå +32,0 öster om linje A-A, slänten i linje A-A läggs i lutning 1:1
5. Nedre hammarband och stämp öster om linje A-A monteraras
- K→**
6. Schakt utförs till nivå +32,0 inom övriga delar av schakten. Återstående hammarband och stämp monteraras
7. Schakt utförs till nivå +30,0 öster om linje A-A
8. 150 mm grovbetong gjuts mot sponten, öster om linje A-A
9. Schakt utförs till nivå +30,0 inom övriga delar av schakten
10. 150 mm grovbetong gjuts mot sponten inom övriga delar av schakten

OBS! Vid schakt under nivå +32,5 får grundvattennivån i den underlagrande friktionsjorden ej överstiga + 36,0.

K→ anger att kontroll i enlighet med kontrollplan skall utföras

7. Referenser

Augustsson, R., Hammarlund Y., Jacobsson S., Josephson P-E. (1989), *Kvalitet i byggandet - Kvalitetskostnader*. Report 21, Inst för byggnadsekonomi och byggnadsorganisation, Chalmers Tekniska Högskola.

Franzén, G. (1993). *Soil Nailing*, Inst för Geoteknik, Chalmers Tekniska Högskola.

Jendeby L. (1993). *Jordförstärkning - Djuppackning*, BFR, ISBN 91- 540-5571-7.

Kalk- och kalk/cementpelare - Vägledning för projektering, utförande och kontroll, Svenska Geotekniska Föreningen (SGF), (1995).