

SKANSKA

Alternativ pålningsmetod i känsliga områden



Jonas Toreheim

Skanska Sverige AB
Division Syd, Väg Syd

Örebro 2002

Förord

Soilexpålar har använts i brokonstruktioner i tidigare projekt men kraven på pålarna har ej ställts mot Bro94 och ej gått den rätta vägen genom Vägverkets teknikavdelning i Borlänge för granskning och godkännande. Vi på Skanska fick i slutet av november 2000 uppdraget att förlänga en vägtunnel under riksväg 70 vid Tuna gräns. Alternativet vi räknat med i anbudet var betongpålar och beställaren hade i en komplettering även frågat på alternativ med titanpålar. Efter upphandlingen var klar, började vi titta i detalj på projektet. Vi kom underfund med att de var stora risker med betongpålar på grund av närliggande bebyggelse, den befintliga konstruktionen och att området där bron ska grundläggas består av mycket dåligt material, väldigt vattenmättad silt. Titanpålar blev nästa alternativ att titta på men all osäkerhet kring själva utförandet, vad det skulle bli för slutprodukt gjorde att vi föreslog beställaren att prova soilexpålar. Med spänning satte vi på Skanska igång det här i slutet av december 2000. Syftet med projektet var att lösa de problem med livslängd, provning av bärförmåga och övriga krav som bro 94 ställer och att jämföra kostnaden för soilexpålar mot betongpålar.

Pålningen utfördes under våren 2001

Jag har under arbetets gång haft kontakt med många personer och vill speciellt tacka Gunnar Holmberg på Skanska Teknik i Göteborg utan hans hjälp hade vi ej lyckats med detta. Även Soilex och Swahn grundläggning skall ha tack för att de bistått med uppgifter och för ett mycket gott utförande av själva entreprenaden. Även beställaren Vägverket region Mitt då främst projektledaren Tom Berglund ska ha tack för att han lät oss pröva Soilexpålning fastän det var ett oprövat kort för Vägverket.

Örebro 2003-01-13

Skanska Sverige AB
Division Syd, väg Syd



Jonas Toreheim

Sammanfattning	1
1. Inledning	2
1.1 Bakgrund.....	2
1.2 Syfte.....	3
1.3 Genomförande.....	3
2. Provning och analys	7
2.1 Geoteknisk bärförmåga.....	7
2.2 Dragprovning.....	7
2.3 Kostnadsanalys.....	8
3. Slutsatser	9
4. Bilagor	10
4.1 Mättningsrapport geoteknisk bärförmåga	
4.2 Mättningsprotokoll dragprovning	
4.3 Arbetshandlingar	
4.4 Bilder	

Sammanfattning

Arbetet visar att Soilexpålar uppfyller de krav som Bro 94 ställer. Det svåra har varit 3 saker, övergången mellan påle och den uppblåsbara delen. Dels vad gäller livslängd och även att klara momentkapaciteten i det snittet, samt att föra över krafter mellan expanderkropp och pålskaft för de pålar som blir dragna i konstruktionen. De som utför arbetet måste vara mycket kompetenta och specialiserade på sin uppgift. Speciellt vid arbetsmomentet då man injekterar pålen då man via dator följer ballongens utvidgning och på så vis säkerställer att den får rätt utvidgning.

Även installationen av pålen är krävande och innebär att man måste göra ett hål i förväg för att inte riskera skada på ordinarie påle vid installation. Soilexpålarna är bara användbara till en viss längd ca 18 m, längre pålar skulle vara så krångliga att installera att man ej skulle kunna garantera kvaliteten. Pålarna kräver också en provpålning med tillhörande stötvågsmätning i god tid för att bestämma pållängd och geoteknisk bärförmåga, vilket är en nackdel idag när byggtiderna är pressade. Installationen och injektering tar från start tills man kan börja med form, armering och betong lång tid. Jämförelsevis för den här bron skulle betongpålningen tagit 5 dagar men Soilexpålarna tog 6 veckor.

Kostnadsanalysen visar att pålningsmetoden är dyr i förhållande till betongpålar men det har sin grund i att det är första gången de använts och anpassats efter bro94. Skillnaden i pris mot betongpålar är ca 2,5 ggr dyrare

Resultatet visar att för att kunna använda dessa pålar krävs en känslig omgivning, rätt material i undergrunden, lång byggtid, kompetenta och noggranna utförare och en beställare med välfylld plånbok.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Bron som vi skulle bygga heter W710 och ligger längs riksväg 70, ca 1 kilometer söder om Borlänge vid Tuna gräns. Arbetet Skanska hade bestod i att bredda riksväg 70 på en sträcka av 800m och att anlägga en ny rondell vid räddningstjänsten i Borlänge. Min del var breddning av bro w710 samt en ny GC-tunnel vid räddningstjänsten.

Området kring bro W710 består av villabebyggelse. Hela Borlänge är känt för sin vattenmättade silt och där bron ligger var inget undantag. Runt 1930 var hela området en stor mosse. Den befintliga bron är byggd på 70-talet, grundlagd på betongpålar med en längd av ca 23 meter.

Befintlig bro är av typen ramvalvbro med två åtskilda bottenplattor. Redan när bron togs i trafik fick man en sättning i konstruktionen, tyngden av vingarna gjorde att bron sjönk och att rambenen blev lutande inåt. Detta på grund av att pålar ej klarade de laster som uppstod.

Den nya bron var på förslagsritningen identisk med den befintliga bron. Handlingarna var projekterade 1995 och hade blivit omarbetade år 2000. När vi satte igång arbetet kontaktade vi en konstruktör för bron, Brotec, och läste igenom handlingar ordentligt. Enligt ordinarie rutiner hade vi startmöte med konstruktören där vår beställare Vägverket region mitt deltog. När vi kom in på ämnet pålar kändes det att risken med att använda betongpålar var för stor. Dels att vi skulle störa befintliga pålar, att vi skulle kollidera med dom och att vi skulle få problem med intilliggande fastigheter. Innan det stod klart att vi fått jobbet hade vi kompletterat med pris på titanpålar, vilket Vägverket ville att vi skulle titta närmare på.

Titanpålar har också använts i brokonstruktioner men efter att ha pratat med Skanska grundläggning kändes det också riskfyllt. Man kan med dagens teknik ej garantera att pålen blir homogen. Vi började då söka på marknaden efter alternativ och efter viss möda fick vi kontakt med Soilex. Eftersom vi närmade oss jul och veckorna rann iväg bestämde vi oss för att handla snabbt och ordnade möte med Soilex och vår beställare. Där bestämdes att vi skulle prova soilexpålar.

Soilex jobbar mycket med grundförstärkning av gamla hus, främst i Stockholm och pålen hade provats ett par gånger på broar, utan att de varit godkända enligt bro94. Deras arbetsätt bygger på att de säljer konceptet och bistår med egen personal vid installation av pålen. De tar då hjälp av exempelvis en lokal pålentreprenör som håller pålkran och hjälprea. I det här fallet blev det Swahn anläggning från Borlänge.

1.2 Syfte

- Klara de krav som Bro 94 ställer vad avser livslängd, överföring av drag- och tryckkrafter i pålen, verifiering av bärförmåga och dragkapacitet.
- Göra en metodbeskrivning för godkänt utförande.
- Kostnadsjämförelse mot betongpålar.

1.3 Genomförande

Vår konstruktör för bron kontaktades och vi kollade om de var intresserade att åta sig konstruktionen av pålelementet men de tyckte att de hade för lite kännedom om pålen. Jag ringde då till Gunnar Holmberg, Skanska Teknik i Göteborg som jag vid tidigare pålningsprojekt haft kontakt med. Han kände till Soilex men hade ej använt den som påle utan som stagning för spont men han var villig att åta sig uppdraget.

Alla handlingar som berörde bron skickades till Göteborg och Gunnar ordnade sig uppgifter om soilexpålen. Den påltyp vi beslöt att använda var en expanderkropp med beteckning EP 815 (diameter 800mm, längd 1500mm) och ett tillhörande pålskaft RR 140*10. Den bedömdes klara de laster som uppstod.

Soilexpålen kräver att man utför en provpålning i god tid före objektet skall starta för att bestämma längd på pålen och undergrundens beskaffenhet. Genom att titta i tekniska beskrivningen för geoteknik bro, där det stod angivet att befintliga pålar var ca 12 meter långa, bestämde vi oss för att prova två soilexpålar med längd 8 respektive 10 meter. Innan vi hann provpåla upptäckte vi ett fel i tekniska beskrivningen för bron jämfört med relationshandlingar för befintlig bro. Det visade sig att på de gamla ritningarna hade man delat upp i över- och underpåle som gav en total pållängd, där hade man bara fått med sig ena delen av pålen. Detta gjorde att provpålningen sköts iväg ytterligare ett par veckor, då man blev tvungen att få fram mer stålrör. Provpålarna blev nu istället 12 och 14 meter.

Vi utförde provpålningen med mobilkran och vibrohejare, vilket visade sig vara lite väl ostabilt för att garantera kvaliteten på lutning och läge. Vi injekterade upp expanderkroppen, sedan fick den härda en vecka. Analysen av pålens geotekniska bärförmåga utfördes med stötvågsmätning. Innan provpålning gjorts hade man bedömt att vi skulle klara 800 kN/ påle med en 14 meter lång påle men det visade sig vara fel. Den geotekniska bärförmågan blev 540 kN. Vi hade också

Vägverket fick nu bestämma om de ville fortsätta med pålen, efter några dagar fick vi klartecken att starta projektering av pålelement. Längden på själva pålarna bestämdes till 14,5 och 16 meter.

Sedan startade Skanska Teknik med konstruktionen av pålelementet.

Pålen består av som tidigare skrivits av en expanderkropp med diameter 800 mm och en påsvetsad stålrörspåle av typen RR14*10. I och med expanderkroppens stora omfång krävdes på grund av krav på fria avstånd både horisontellt och vertikalt att man placerade dessa i olika höjd. Expanderkroppen består av tunn hopvecklad plåt som vid injektering med tryck fälls ut till en ballong.

Metoden har funnits en längre tid men har ej använts på broar. Den har då ett standardutförande som beskrivits ovan.

Efter några veckors konstruktionsarbete och många telefonsamtal mellan de inblandade hade vi ett möte för att titta på de detaljer som var oklara. Skanska teknik hade tagit fram lösningar som vi skulle diskutera.

Det var främst fem saker som vi skulle diskutera:

- Överföring av dragkrafter
- Livslängd på expanderkropp
- Övergång mellan påle och expanderkropp
- Utformning av pålskalle
- Hur man garanterar att expanderkroppen fått den form den ska efter expansion.
- Verifiering av dragkrafter.

De känsliga snitten på pålen är de två sistnämnda.

Överföring av dragkrafter

Löstes genom en centriskt placerad GWS- stag med $d=32$ mm, som går från pålspets, där den förankras med en mutter. Igenom pålskallen och in i bottenplattan där två muttrar med mellanliggande platta monteras. Staget monteras efter att påle är slagen.

Livslängd på expanderkropp

Eftersom det inte finns så mycket dokumenterat om metoden godtog Vägverket sättet vi såg på pålen. Pålen står i princip på ett block, kraften överförs genom armeringsjärnet över till pålen. Betongen i själva expanderkroppen är beständig då den följer de krav vi i övrigt ställer på en bro. Miljön där expanderkroppen befinner sig är också gynnsam för betong.

Övergång mellan påle och expanderkropp

På de pålar som var enbart tryckta krävdes ett armeringsjärn med $d=32$ mm som går från pålspets och ca 2 meter upp i stålröret. Vid montering av detta är det viktigt att hålla reda på pålens längd i förhållande till armeringsjärnet så att det verkligen kommer ner till pålspetsen.

Utformning av pålskalle

På de pålar som var tryckta krävdes att ett armeringsjärn med $d=32$ mm svetsas fast i topplåten. Viktigt att man antingen vid själva injekteringsstillfället monterar topplåten och ser till att det är helt uppfyllt och därefter svetsar fast topplåten. Eller så fyller man inte hela röret, väntar till det härdat. Gjuter sedan upp med injekteringsbruk tills pålen är fylld och monterar topplåt med påsvetsat armeringsjärn.

Hur man garanterar att expanderkroppen har nått full expansion

När man injekterar följer man pålens expansion med givare som är kopplade mot en dator. Givaren läser av tryck och antal liter bruk som injekterats. Av erfarenhet vet man hur den kurva ska vara när pålen expanderar på rätt sätt. Även mängd injekteringsbruk ska harmonera. Detta köpte inte Vägverket fullt ut. Eftersom det var första gången pålen testats skulle alla tryckta pålar provbelastas. De pålar som efter inmätning och kontrollberäkning var utsatta för dragkrafter skulle provdras.

Verifiering av dragkrafter

En metod för att kontrollera att pålen tar de dragkrafter som krävs diskuterades också, ett system bestående av balkar stockmattor och domkraft. Då pålen består av expanderkroppen kändes inte dragkrafterna som något större problem, bara verifieringsmetoden accepterades. Det viktiga var att ytan närmast pålen inte fick fungera som mothåll, på grund av ballongen.

Skanska Teknik ritade nu klart ritningar och beskrivningar och sände de på remiss. Då vi hade pratat om det mesta både konstruktionsmässigt och praktiskt var det inte så många synpunkter när remisstiden gått ut. De ändringar som blev ritades om och ritningarna gick in för godkännande.

Det som skilde när pålelementet var godkänt och klart i förhållande till standardutförande var:

- Armeringsjärnen i tryckta pålar, GWS staget i dragna pålar
- Svetskontroll och genomförande av svetsning
- Injekteringsbrukets kvalitet och kontrollen på betongen.

Även den egenkontroll av pålen vad gäller dragkrafter och tolkning av raket på pålen var sånt som Soilex ej var vana vid.

När vi kommit fram i April började det dra ihop sig för pålning. Under tiden sedan elementet godkänts hade Soilex och Swahn med hjälp av underentreprenörer jobbat fram de ca 50 pålar vi skulle montera. Vibrationsmätare monterades på närliggande fastigheter och allt kunde starta.

Pålningen skedde nu med pålkran och vibrohejare, till skillnad från provpålningen fick vi bättre styr på pålen. Vibrationsmätningen visade inga nämnvärda utslag. En viktig sak är att man bör förpåla med ett rör utan expanderkropp, om man stöter på stenar etc. Annars är det stor risk att man förstör expanderkroppar i onödan. Pålen levereras i färdig längd och vi hade inte klarat många meter till på grund av pålkranens storlek. Skarvning av pålen när man satt ner den till visst djup tror jag inte på, dels vad gäller svetskraven och även kostnaden skulle öka ytterligare.

Då vi från början hade trott att geotekniska bärförmågan skulle vara större hade vi också gissat på färre pålar men verkligheten blev ju en annan. 50 stycken pålar på 60 m² är mycket så ju längre vi höll på desto snärjigare blev det att få ner pålar. De som varit med och pålat vet att det inte är millimeter precision. Därför blev installationen väldigt tidsödande. När vi installerat ena sidan började vi injektera. Det visade sig då att ett par expanderkroppar fått stötar när de installerats. De fick då dras upp och nya expanderkroppar monterades på pålen och vi installerade den på nytt. Just uppföljningen på injekteringen tycker jag säkerställer kvaliteten på utförandet.

Från installation, injektering, svetsning och montage av topplåtar tills vi stod färdiga för kontroll av bärförmåga och dragförmåga tog det ca 4 veckor. När vi injekterat klart fick vi vänta ytterligare en vecka så att betongen fick härda ordentligt. I detta läget kunde vi ha kontrollerat ena sidan men på grund av extra etablering på de som utför stötvågsmätningen kontra att tjäna en vecka på våra gubbar beslöt vi att utföra all provning på en gång. Det hade ändå stoppat upp produktionen.

Stötvågsmätningen gick väldigt bra och vi klarade de krav på bärförmåga som ställts. För att få lite extra erfarenhet belastade vi en av de provpålar som vi installerat i januari. Det visade sig att den växt fast och därmed klarade den en högre last än vid förra provtillfället. Har man då riktigt bra med tid ska man provpåla tidigt och avvakta så långt det är möjligt med kontrollen av bärförmågan då kan man säkert minska antalet pålar. Provpålen klarade nu det optimala vilket är sin egen dimensionerande lastkapacitet på 670 kN.

Dragprovningen var mer tidsödande fast vi bara skulle provdra 4 stycken pålar. Många lyft med mobilkran för att få till rätt positionering av balkar. Provdragningen tog ca 2 dagar att genomföra. Resultatet var bra.

Så efter 6,5 vecka kunde vi sätta igång med vår ordinarie verksamhet, all provning och kontroll som nästa gång går lättare kan nog korta tiden med 2 veckor.

2 Provning och analys

2.1 Geoteknisk bärförmåga

Geotekniska bärförmågan skulle verifieras genom stötvågsmätning med påldrivningsanalysator samt utvärderas enligt Case- metoden. Vid provning skulle ett slag slås med 0,7 meters fallhöjd

Kraften som skulle verifieras var ca 800 kN och alla pålar skulle testas. Till vår hjälp hade vi en Junttan med 4 tons hydraulhejare och utrustning från Pålanalys i Göteborg.

Alla resultat från mätningen finns redovisade i bilaga 4.1

Sammanfattning av resultatet visade att vi klarat den satta bärförmågan med marginal. Den här metoden kanske inte ger den optimala konstruktionen då man i tidigt skede måste bestämma bärförmågan och samtidigt gardera sig för att klara den, jämför med exempelvis en SP2 betongpåle som du slår till stopp, skarvning och hantering är mycket enklare.

2.2 Dragprovning

Dragprovningens utförande finns redovisat under bilaga 4.3 och resultatet i bilaga 4.2. På bilden ser man riggning av balkar och även hur vi var tvungna att skimsa för att få domkraft i samma lutning som pålen.



2.3 Kostnadsanalys

När vi tittade på slutkostnaden för pålningen delade vi upp den i fyra delar:

- Projektering
- Pålar
- Utförande
- Kontroll och provning

De här fyra delarna kan man referera till mot en normal pålningsentreprenad.

Projektering

Projekteringen hade vi pris på både vad gäller betongpålar och soilexpålar. Då alternativet vi räknat med var SP2 med stoppslagning krävdes ingen större kostnad för projektering av pålelement. Skanska har godkända ritningar hos Vägverket det är mer en formalitet att få den pålen godkänd. Skillnaden blev därför ca 20 gånger dyrare än normalt.

Pålar

Pålarna var lite svår att jämföra mot, därför offerten var ett gemensamt pris för både utförande och material. Då får man se på nedlagd tid och antal resurser och på så vis göra sig en bild. Priset vi hade från början fick naturligtvis ändras efter hand alla uppgifter om utseende på pålen, provning och kontroll genomfördes. Skillnaden i pris ca 1,5 gånger dyrare än normalt.

Utförande

Utförandet tog, som tidigare sagts, mycket längre tid men man kan ej ta utförandetid dividerat med normalt tid och sen sätta motsvarande på kostnaden. Bemanning vid injektering är exempelvis mindre, diverse strul och lärotid. Skillnaden är ca 3 gånger dyrare än normalt.

Kontroll och provning

Då kontrollen och den provning vi var tvungna att genomföra blev mycket mer, på grund av att pålen ej testats av Vägverket och att dragprovet var svårt att genomföra blir skillnaden ca 10 gånger dyrare än normalt.

Sammanfattar man detta med de olika delarnas storlek av entreprenaden ger det en skillnad på ca 2,5 gånger dyrare än vid en normal betongpålningsentreprenad. Nästa gång tror jag inte att skillnaden blir så stor då projektering, utförande, kontroll och provning kan reduceras ganska mycket. Priset på pålen plus expanderkroppen är och förblir dyrare än standard betongpåle på grund av merarbetet med svetsning etc.

3 Slutsatser

Fördelar:

- Installationen är skonsam för omgivning, lite vibrationer.
- Metoden känns säker vad avser kvaliteten på utförandet.
- Vid ännu bättre förutsättningar, ex ett lager av hårdare material som ligger grundare än i Borlänge, där betongpålar ej klarar att stanna, skulle de säkert vara mer konkurrenskraftiga i pris.

Nackdelar:

- Kräver en provpålning i god tid innan byggstart
- Tidskrävande installation
- Invecklad provning om man jämför med betongpålar
- Begränsar sig själv i längd på påle, dels med tanke på installationen och även den ökade kostnaden för skarvning på plats.
- Känslig för block, stockar och övrigt som kan finnas i undergrunden.
- Kan bli trångt i undergrunden om man ex. ”slår bort en påle”, expanderkroppen kräver sitt fria utrymme både horisontellt och vertikalt.

Sammanfattar man det här projektet överväger nackdelarna. I en framtid tror jag dock att de kan bli lättare att använda pålen, då den nu är provad av Vägverket och det säkert finns projekt där den är ännu mer lämpad att använda.