A vertical technical drawing of a pile foundation. At the top is a rectangular pile head with a cross-hatched pattern. Below it is a pile shaft, represented by a long vertical rectangle with a thick black outline. Near the bottom of the shaft, there are two small horizontal lines. The pile terminates in a pile tip, shown as a small rectangle with a cross-hatched pattern, resting on a series of horizontal lines representing the ground.

PÅLKOMMISSIONEN

Tekniskt PM 1:2008

**Utredning av dimensionerings-
principer för bergskor och skarvar
till pålar**

Utförd av

Gunnar Holmberg, Ebbe Rosell, Mikko Toivonen, Håkan
Karlsson, Fredrik Andersson, Leena Haabma Hintze,
Göran Camitz och Ulf Bergdahl

Editor: Gunnar Westberg

Linköping 2008

FÖRORD

Under hösten 2005 uppmärksammades branschen, av Vägverket, på att kraven på rostmån enligt Bro 2004 inte tillämpades för bergskor och skarvar till betongpålar. Tillsammans har Pålentreprenörsföreningen, och Pålkommissionen utrett dimensioneringsprinciperna i sin helhet för bergskor och skarvar.

Vintern 2005/2006 tillsattes en arbetsgrupp För att komma med ett förslag till Vägverket. Arbetsgruppen bestod av:

Ebbe Rosell, Vägverket
Mikko Toivonen, Leimet OY
Håkan Karlsson, Hercules Grundläggning
Fredrik Andersson, Skanska Grundläggning
Leena Haabma Hintze, Pålentreprenörföreningen
Gunnar Holmberg, Pålkommissionen

Varefter arbetet framskred framkom det att korrosionen är avhängig en mängd parametrar vars samverkande egenskaper inte enkelt kunde bestämmas. För att erhålla fördjupad kunskap inom ämnet tillsattes en delutredning bestående av Göran Camitz, Korrosionsinstitutet och Ulf Bergdahl, SGI. Delutredningen studerade korrosion vid bland annat slutna vattenfyllda utrymmen, täta spalter som vid exempelvis på skarvar och öppna spalter som mellan bergdubb och dubbfäste.

Med stöd av denna utredning föreslogs värden på dimensionerande avrostning.

Utredningen har gjorts i syfte att förtydliga dimensioneringsprinciperna och inte för att publiceras som en rapport eller ett läromedel. Genom sammanställning och publicering av materialet sprids kunskap om korrosion i jord i allmänhet och specifikt på skarvar och bergskor.

Status på tekniskt PM

Pålkommissionens styrelse beslöt år 2008 att införa en skriftserie med tekniska PM som ett komplement till kommissionens rapportserie, men med en annan status än rapporterna. Det tekniska PM:et kan beskrivas som en arbetsrapport i vilken möjlighet finns att dela med sig av sin kunskap.

Syftet med tekniska PM är att bidra till att kunskap om pålning sprids. Tekniska PM finns nedladdningsbara från Pålkommissionens arbetsplattform. Det är inte Pålkommissionens avsikt att PM:et ska refereras till i projekterings- eller konstruktionshandlingar.

Innehållsförteckning

FÖRORD.....	2
<u>1</u> <u>INLEDNING</u>	<u>4</u>
1.1 BAKGRUND	4
1.2 SYFTE	4
<u>2</u> <u>REGELVERK</u>	<u>4</u>
BILAGOR	
Bilaga 1	Utredning av dimensioneringsprinciper för bergskor och skarvar till pålar Utredningen ovan bilägger Korrosion på stål i beslag till pålar av trä, betong och stål Påkänningar på berg och bergdubb – dimensionerande excentricitet
Bilaga 2	Avsteg från krav på rostmån på bergskor och skarvar till betongpålar, Vägverket 2006-02-06
Bilaga 3	Avsteg från krav på rostmån på bergskor och skarvar till betongpålar, Vägverket 2006-09-04
Bilaga 4	Utdrag ut Bro 2004 – Supplement nr 2, VV Publ 2007:106 avsnitt 31.15 Påldetaljer.

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Frågeställningar i Bro 2004 om ingående ståldetaljer i pålar som kan anses vara skyddade av betong eller som exempelvis skarvar och bergskor som inte kan antagas vara skyddade har tack vare Vägverket lyfts fram.

I avvaktan på resultat av utredningen lämnades det från februari 2006, avsteg från kraven på rostmån för skor och skarvar till betongpålar samt avsteg på kraven på invändig rostmån för skarvar till betongpålar (Bilaga 2). Detta beslut förlängdes i september 2006 (Bilaga 3).

I november 2007 utkom Supplement nr 2 där ett nytt avsnitt tillkom för införande av mer detaljerade värden för rostmån för påldetaljer. I motivdokumentet angavs att ”efter utredning av Pålkommisionen har de värden som anges i Rapport 98 visat sig vara onödigt stora vid tillämpning på t.ex. ståldetaljer inuti skarvbeslag”.

1.2 Syfte

Utredningen har gjorts i syfte att verifiera ingående material i ett specifikt projekt och inte för att publiceras som en rapport eller ett läromedel. Genom sammanställning och publicering av materialet sprids kunskap om korrosion i jord i allmänhet och specifikt på skarvar och bergskor. Därför beskrivs inte resultaten. Utan dessa får utläsas ur bifogade bilagor.

2 REGELVERK

Uppdateringar av regelverk för påldetaljer såsom skarvar och pålskor har uppdaterats i Bro 2004 – Supplement nr 2, VV Publ 2007:106 avsnitt 31.15 Påldetaljer, Bilaga 4.

De i bilagorna redovisade standarderna för bergskor av stål för fastgjutning i kvadratiska pålar och bergskodubbar för betongpålar är tillbakadragna av SIS, Swedish Standards Institute och är alltså inte nu gällande standarder.

För att se vad nu gällande standarder föreskriver så hänvisas till SS-EN 12794 ”Förtillverkade betongprodukter – Betongpålar”.

PÅLKOMMISSIONEN Tekniska PM

1:2008 Utredning av dimensioneringsprinciper för bergskor och skarvar till pålar

1:2010 Resultat av provningar av borrade stålrörspålar för projekt Citybanan

I september 1959 bildades Pålkommittén för påslagning och påbärighet. Till grund för kommissionens verksamhet ligger samhällets och branschens behov av forskning och information inom pålningsområdet. Medlemmar är entreprenörer, tillverkare, konsulter, forskare, kommuner samt representanter för olika myndigheter. Organisationen Pålkommissionen, som sammanfogar dessa grupper, är unik i Europa. Ytterligare upplysningar om Pålkommissionens verksamhet och medlemskap lämnas av kommissionens sekreterare.

Handläggare

Gunnar Holmberg

Datum

2008-01-07

Vår referens/nr

1 UTREDNING AV DIMENSIONERINGSPRINCIPER FÖR BERGSKOR OCH SKARVAR TILL PÅLAR

1.1 Bakgrund

Under hösten 2005 uppmärksammade Vägverket att kraven på rostmån enligt Bro 2004 inte tillämpades. Branschen tillämpade en praxis som funnits sedan partialkoefficientmetoden infördes.

Vägverket ställde krav på rostmån på bergskor och invändig rostmån på skarvar. Detta ställde till en del bekymmer i projekten varför branschen beslutade att tillsätta en utredning som fick till uppgift att utreda dimensioneringsprinciperna för bergskor och skarvar till pålar i ett bredare perspektiv.

En arbetsgrupp tillsattes, arbetsgruppen har bestått av:

Ebbe Rosell, Vägverket

Mikko Toivonen, Leimet OY

Håkan Karlsson, Hercules Grundläggning

Fredrik Andersson, Skanska Grundläggning

Leena Habma, Pålentreprenörföreningen

Gunnar Holmberg, Pålkommissionen

1.2 Frågeställningar som har ingått i utredningen

- o Vilken excentricitet ska bergskorna dimensioneras för?
- o Säkerhetsklass, kan vi inte tillåta oss en lägre säkerhetsklass för bergskor än för pålen för övrigt?
- o Lastkapaciteten för beslagen bör matcha pålelementens lastkapacitet för att hela pålen ska utnyttjas optimalt. Denna fråga kommer i skede två när tillverkarna ser över om utformningen ska ändras eller om lastkapaciteten justeras.

Handläggare

Gunnar Holmberg

Datum

2008-01-07

- o Är korrosionshastigheten olika i olika delar av jordprofilen? Bör finnas allmän kunskap om detta inom Korrosionsinstitutet som ska tillfrågas om att uttala sig alternativt utreda detta?
- o Invändig korrosion i skarvar, utrymmet väldigt litet och tillslutet i skarvarna vilket borde innebära att korrosionshastigheten blir låg. Kan man få Korrosionsinstitutet att uttala sig alternativt utreda detta?
- o Vad har vi själva för erfarenheter av avrostning på beslag på framschaktade pålar
- o Hur hanteras rostprodukterna?
- o Vad finns det för rostskydd att tillgå? Fett i skarvar?

Handläggare

Gunnar Holmberg

Datum

2008-01-07

2 SAMMANFATTNING AV UTREDDA FRÅGESTÄLLNINGAR

2.1 Excentricitet vid dimensionering av bergskor

2.1.1 Inledning

En särskild utredning, ”Påkänningar på berg och bergdubb - dimensionerande excentricitet” har genomförts. Rapport från utredningen bifogas. Sven-Erik Rehnman har jobbat mycket med utformningen av dagens bergskor. Det är i många stycken hans arbeten som ligger till grund för dagens praxis för dimensionering av bergskor. De undersökningar som Rehnman genomfört och som redovisats i separata Pålkommmissionsrapporter har också använts som grund för den här utredningen. Sven-Erik Rehnman har även tagit del av den särskilda utredningen och lämnat synpunkter som inarbetats.

2.1.2 Påkänningar under slagning

Under slagningen utsätts pålen för stora belastningar, särskilt under stoppslagningsskedet. När pålspetsen når berg inleds själva stoppslagningen med en slagningsserie med begränsad fallhöjd då bergdubben mejslas in i berget, jämför Pålkommmissionen rapport 94. Avsikten med inmejslingen är att se till att dubben får fäste i berget även vid lutande berg. Efter det att dubben mejslats in i berget följer en stoppslagning. Stoppslagningen pågår till dess att uppsatta stoppslagningskriterier uppnåts. Stoppslagningen kan utföras efter stoppslagningsschablon, t.ex. enligt Bro 2004, tabell 32-2 eller efter kriterier uppsatta efter provpålning med stötvågsmätning.

Vid stoppslagning med stötvågsmätning sätts den karakteristiska stoppslagningskraften vid spetsen för en spetsburen påle till

$$F_k = 1,20 \times R_k$$

där

R_k = karakteristisk geoteknisk bärförmåga (som pålen ska stoppslås för) och faktorn 1,20 tar hänsyn till att den dynamiska bärförmågan är högre än den statiska.

Erforderlig geoteknisk bärförmåga beräknas enligt:

Handläggare

Gunnar Holmberg

Datum

2008-01-07

$$R_k = \gamma_{tot} \times R_d$$

där

R_d = dimensionerande geoteknisk bärförmåga

γ_{tot} är en totalsäkerhetsfaktor som beror av provningsfrekvensen, se Bro 2004, 32.237.

Bergdubben är utformad på ett sådant sätt att lasten centreras i berget. Se Pålskommissionens meddelande 1, 15 och 17. Bergdubben måste ha tillräcklig hållfasthet så att även hårt kristallint berg plasticeras utan att sträckgränsen i stålmaterialiet i dubben uppnås.

Ju högre hållfasthet berget har desto större spänningskoncentrationer kan berget motstå vilket i sin tur innebär att dubben blir utsatt för en större excentricitet under slagningen.

Utifrån detta resonemang så kan man ställa upp följande kriterier för bestämning av dimensionerande excentricitet.

1. Bergets hållfasthet beaktas. För att täcka in alla typer av berg som förekommer i Sverige dimensioner förutsätts hårt kristallint berg med en statisk tryckhållfasthet på 250 MPa.
2. Dynamisk hållfasthet för stoppslagningen förutsätts vara 3 gånger den statiska tryckhållfastheten.
3. Dubbens hållfasthetsegenskaper ska medge att stoppslagningen kan utföras utan att sträckgränsen i dubben överskrids.
4. En låg karakteristisk stoppslagningslast innebär en större möjlig excentricitet. För att täcka in alla typer av stoppslagning utöver stoppslagning med sjunkningskriterier väljs totalsäkerhetsfaktorn γ_{tot} till det lägsta värdet enligt Bro 2004, 32.237 vid beräkning av excentriciteten, dvs $\gamma_{tot} = 1,45$.
5. Dubben skall utformas enligt SS 811192 till form och hårdhet för att förutsättningarna för denna rapport ska gälla. Om dubbens hårdhet och utformning av egg inte är utförd enligt standarden gäller inte förutsättningen att dubben går att mejsla in i berget och då säkerställs inte heller att lasten centreras under stoppslagningen. Dubbens hållfasthet kan vara lägre än i standarden utan att centreringen påverkas. Minsta erforderliga hållfasthet ges av att berget med en viss säkerhet måste plasticera innan sträckgränsen i stålet uppnås.

Handläggare

Gunnar Holmberg

Datum

2008-01-07

6. Minsta excentricitet som ska användas vid dimensioneringen är dubbens diameter genom 10, $e=d/10$. Erforderlig stoppslagningslast anges tillsammans med lastkapaciteten.
7. För att täcka upp för lågt utnyttjande ska även lastkapaciteten för en excentricitet med dubbens diameter genom 4, $e=d/4$, anges.

Reglerna i rapporten avses gälla för dimensioner på bergdubbar på 30-120 mm med sträckgräns över 800 MPa och med hårdhet och utformning av egg enligt SS 81 11 92.

2.2 Säkerhetsklass

I normalfallet leder brott i en bergsko i ett brostöd inte till kollaps av den enskilda pålen och ännu mindre till kollaps av ett brostöd. I de flesta fall dimensioneras en påle för att all last ska kunna föra över lasten från pålen till berget. I merparten av alla pålgrundläggningar bidrar även pålens mantelfriktion till den totala bärförmågan i större eller mindre omfattning. Dessutom medför stoppslagningen att jordmaterialet under och omkring bergskon packas så att en del av lasten förs från betongen, igenom stålet i bottenplattan och rakt ner i jorden utan att gå via bergdubben. Detta medför att sannolikheten för att lastkapaciteten vid spetsen överskrides är mindre än att den överskrids i övriga delar av pålen och att delar av lasten omfördelas om bergskons lastkapacitet överskrids.

Vad gäller den geotekniska bärförmågan för en påle så godtas i normalfallet att den verifieras i SK2 även om pålen för övrigt ska verifieras i säkerhetsklass 3. Det är enligt utredarens uppfattning ett bra sätt att se på vad som händer med en konstruktion om bärförmågan överskrids. I fallet med ett överskridande av den geotekniska bärförmågan för en påle kommer pålspetsen att förskjutas något neråt i axiell riktning och lasten att omfördelas dels till andra delar av samma påle och dels till andra pålar. Resonemanget gäller i högsta grad även för lastkapaciteten för en bergsko. Lasten, som är den dimensionerande lasteffekten som i snittet utanför pålen ska tas upp av den geotekniska bärförmågan, kan vid ett överskridande av bergskons lastkapacitet omfördelas till andra delar av samma påle eller till andra pålar. Effekten blir något större deformationer.

Säkerhetsklassen borde rimligtvis kunna ligga 1 klass lägre på skorna än i pålen för övrigt. Alternativt att bergskon verifieras i SK2 analogt med att geotekniska bärförmågan på spetsburna pålar verifieras i SK2.

Efter diskussioner i arbetsgruppen har utredningen kommit fram till att det kan vara svårt att reda ut när en lägre säkerhetsklass går att tillämpa och när det är

Handläggare

Gunnar Holmberg

Datum

2008-01-07

mindre lämpligt att göra så. Samma säkerhetsklass tillämpas för bergskon som för pålen i övrigt.

2.3 Korrosionshastigheten olika i olika delar av jordprofilen

Erfarenheterna från framschaktade pålar är något begränsade. Vid framschaktade pålar från Finland så är bergskorna förvånansvärt fria från rost, se bilder. Pålarna har varit installerade i en morän i över 30 år innan de drogs upp. Liknande erfarenheter finns från framschaktade pålar till Rosenlundshuset i Göteborg. Pålningen utfördes i slutet på 1960-talet. Pålarna schaktades fram under 2001-2003. Märkfärgen var kvar på skarvar som befunnits i lera. Bergskorna såg ut som ”nya” efter över 30 år i en vattenförande blockig friktionsjord.

Frågan har diskuterats med Korrosionsinstitutet. Det finns i dag inte tillräckligt med underlag för att kunna ta hänsyn till djupet från markytan. Korrosionen är mer avhängig av andra förhållanden såsom jordens egenskaper, vattengenomsläpplighet och vattnets kemiska innehåll och syrehalt.

2.4 Avrostning i slutna invändiga utrymmen och i öppna spalter

Den invändiga korrosionen i skarvar med litet slutet utrymme borde rimligtvis vara väldigt liten. Korrosionsinstitutet har hjälpt Sitac med frågan i samband med behandlingen av Skanskas Typgodkännande vilket resulterade i att den invändiga korrosionen i en ABB-skarv inte behövde beaktas på annat sätt än att skarvarna försågs med fett.

Göran Camitz, Korrosionsinstitutet och Ulf Bergdalhl, SGI har på uppdrag av Pålskommissionen utrett korrosionen på beslag till pålar med följande uppdelning.

Korrosion i:

- Små slutna vattenfyllda utrymmen som invändigt i en ABB-skarv.
- Täta spalter som mellan 2 skarvhalvor eller mellan en rörpåle och en skarvhylsa.
- Öppna spalter som mellan bergdubb och dubbfäste.

Utredningen är klar. Rapporten bifogas i sin helhet.

Handläggare

Gunnar Holmberg

Datum

2008-01-07

Med stöd av rapporten föreslås följande värden på dimensionerande avrostning på 100 år:

- I spalt mellan dubb och hylsa i bergskor : 1 mm på dubb och 1mm på hylsa
- I spalt mellan hylsa och rör (eller annan profil) i en hylsskarv: 1 mm på insidan av hylsan och 1 mm på profilen som skarvas. För gängad rörskarv som skruvas ihop kan avrostningen sättas till noll om skarven fettas in i anslutning till monteringen.
- I små slutna utrymmen som t.ex. inne i en ABB-skarv: 0,2 mm på alla ytor i inneslutningen. Infettning av detaljer inne i ABB-skarven medför att korrosionen hindras och dimensionerande avrostning kan sättas till noll.
- I spalt mellan 2 skarvhalvor i en bultad skarv eller i en skarv till en betongpåle: 1 mm per skarvhalva
- Ytor på ståldelar inslagna i trä i skarv till träpålar eller skarv mellan trä och betongpålar: 1 mm

För övriga yttre stålytor som är i kontakt med jorden föreslås dimensionerande rostmån i enlighet med Pålkommisionens rapport 98.

2.5 Hur hanterar vi rostprodukterna? Får vi tomrum eller minskar glappen

Rostprodukterna ska förutsättas finnas kvar utan vare sig volymökning eller volymminskning. Hållfastheten i rostprodukterna får inte medräknas vid beräkning av lastkapacitet för sko respektive skarv.

Bifogas:

Korrosion på stål i beslag till pålar av trä, stål och betong

Påkänningar på berg och bergdubb - dimensionerande excentricitet

Korrosion på stål i beslag till pålar av trä, betong och stål

GÖRAN CAMITZ
ULF BERGDAHL

Linköping 2007

FÖRORD

Många års svenska utredningar och fältundersökningar har givit oss ett stort kunnande vad beträffar korrosion på oskyddade stålplåtar i naturligt lagrade svenska jordar, Camitz (ref. 1). Dessa erfarenheter har beträffande korrosion bl.a. legat till grund för de dimensioneringsanvisningar för slagna slanka stålplåtar, som framtagits av Pålkommisionen, Bengtsson et. al. (ref.2) och som visar hur man kan uppfylla gällande konstruktionsreglers, BKR (ref. 3), krav på dimensionering med rostmån eller korrosionsskydd. Anvisningarna har senare accepterats av Vägverket med vissa ändringar och tillägg beträffande korrosion. Med de krav på avrostning, som ställs i Bro 2004 (ref. 4), uppkommer frågan vilken korrosion, som skall ansättas vid dimensionering av beslag till olika slag av plåtar t.ex. skarvbeslag till träplåtar eller kombinerade plåtar av betong och trä samt bergskor. Någon tidigare erfarenhet eller praxis härför finns inte; endast allmänna uttalanden om att man ej observerat någon korrosion vid uppdragning av gamla plåtar.

Denna rapport utgör ett förslag till ansättande av dimensionerande korrosionsvärden för olika typer av beslag och däri ingående delar utgående från korrosionstekniska bedömningar baserade på Pålkommisionens Rapport 98 och teoretiska beräkningar. Någon bearbetning av nyare erfarenheter från långtidsprovningar har således ej utförts i detta skede.

Utredningsarbetet har utförts av Korrosions- och Metallforskningsinstitutet AB (KIMAB) i Stockholm och Statens geotekniska institut (SGI) i Linköping på uppdrag av Pålkommisionen. Koordinator för Pålkommisionen har varit Gunnar Holmberg, Skanska, Göteborg.

Stockholm och Linköping i augusti 2007

Författarna

SAMMANFATTNING

Under en lång följd av år har omfattande undersökningar och fältförsök givit goda kunskaper om korrosion på oskyddade stålplåtar i svenska naturliga jordar. Emellertid saknas kunskap och erfarenhet av hur stor korrosionen kan bli på beslag av stål till olika typer av plåtar.

I rapporten beskrivs de olika beslag, som utgör underlag för denna rapport, skarvar och bergskor samt de förhållanden, som kan påverka korrosionens storlek.

Utifrån den dokumenterade kunskap om korrosion på stålplåtar som finns enligt ovan kan följande slutsatser dras beträffande vilka förhållanden som kan påverka korrosionens storlek för olika pålbeslag:

- Mest utslagsgivande är jordens fuktighet och möjligheten för syre att tränga ned till och eventuellt in i aktuellt beslag i jorden.
- Även jordens elektriska ledningsförmåga har betydelse för korrosionshastigheten men bedöms vara underordnad syre-mobiliteten.
- Den allmänna (jämna) korrosionen bedöms vara den förhärskande på aktuella ytor av pålbeslagen.
- Galvanisk korrosion bedöms ej aktuell för pålbeslag så länge endast olika stålsorter av typen olegerat och låglegerat stål blandas med varandra.

En analys av vilka spalter som kan uppstå på och i de olika skarvbeslagen för olika påltyper visar att dessa kan variera från 5 à 10 mm vid träpålar till 1 à 2 mm vid betong- och stålplåtar samt vid bergskor. I betongpålskarvens inre delar är spalterna endast 0,3 – 1,4 mm och utrymmet är dessutom tillslutet av en låsbricka förutom att den grövre delen av låspinnen tätar. Analysen har baserats på toleranser från tillverkningsritningar. Vidare har ett tillägg gjorts till utrymmet i beräknade spalter som bedömts uppstå till följd av slagning.

Avgörande för korrosionens storlek på olika delar av beslagen är spalternas storlek och eventuell omsättning av jord och syresatt vatten i dessa. Teoretiska beräkningar visar att korrosionen i ovan nämnda spalter och hålrum totalt blir mycket liten, endast 0,002 – 0,014 μm om man antar att ingen omsättning av material i spalterna sker. Om man i stället extrapolerar erfarenhetsvärden från korrosionen i fritt vatten och jord erhålls korrosionshastigheter mellan 0,5 och 8,0 $\mu\text{m}/\text{år}$ i skarvglappen för pålarna och 0,05 – 1,05 $\mu\text{m}/\text{år}$ för de inre hålrummen i betongpålskarvar. De högre av dessa värden har ansatts som karakteristiska värden på korrosionshastigheten. Nedanstående dimensionerande värden på korrosionshastigheten har erhållits genom att multiplicera med partialkoefficienten 1,5.

Med ledning av bedömda korrosionshastigheter och Pålkommissionens dimensioneringsanvisningar har korrosionen för olika delar av pålbeslagen ansatts dimensionerande värden i mm/100 år, som kan användas vid dimensionering av beslagen. Följande värden föreslås:

- för rörskarv till trä-trä och trä-betongpålar utvändigt: 1 mm/100 år
- för betongpålskarvens inre slutna delar: 0,2 mm/100 år (alla ytor).

- för betongpålskarvens övre och undre bottenplattor: 1,0 mm/100 år (ensidigt).
- för bergskor i spalt mellan hylsa och bergdubb: 1 mm/100 år (alla ytor).
- för stålytor med direkt anliggning mot jord gäller dimensioneringsanvisning enligt Pålkommisionens Rapport 98 (ref. 2).
- för hylsskarv till stålpåle i invändig spalt: 1 mm/100 år (alla ytor).

Ett alternativ till att dimensionera skarvbeslagen med en rostman kan vara att skydda dem genom infettning förutsatt att fettets skyddas från avnötning under påslagningen.

Ett alternativ till att dimensionera stålrörspålar och deras hylsskarvar för invändig korrosion med en rostman kan vara att fylla hela pålen med cementbruk efter det att den har slagits ned i jorden.

SUMMARY

Many years of extensive field investigations and tests in Sweden have generated a deep knowledge about the corrosion on unprotected steel piles in natural Swedish soils. However, there is a lack of knowledge related to corrosion on steel shoes and fittings for different types of piles.

In the report the different types of generally used types of shoes and fittings are described as a basis for this report as well as the conditions that might effect the degree of corrosion.

Based on the documented knowledge on corrosion of steel piles mentioned above the following conclusions can be drawn about how the different conditions may effect the corrosion on shoes and fittings of steel in different types of piles:

- most important is the water content of the soil and the possibility for oxygen to penetrate the ground down to the shoes and fittings.
- also the electrical conductivity of the soil may have an influence on the corrosion rate but is deemed to have less influence compared to the oxygen mobility.
- the general corrosion is deemed to be most dominant on the steel surfaces of shoes and fittings.
- galvanic corrosion is deemed not to be a case for steel in shoes and fittings as long as only different kinds of non-alloyed and low-alloyed steels are used.

An analysis of what size of crevices and cavities can occur in different steel shoes and fittings for different piles indicate that these can vary from 5-10 mm for fittings for wooden piles to 1-2 mm for rock shoes and fittings for concrete and steel piles. In the inner parts of fittings for concrete piles the crevices and cavities are in the order of 0,3-1,4 mm and, further, they are prevented from contact with the surrounding soil. The analysis has been based on tolerances given on manufacturers drawings. Further, an addition has been given to the width of the crevices and cavities, which is believed to occur due to pile driving.

Decisive for the rate of corrosion on the different parts of the steel shoes and fittings are the size of the cavities and crevices and the possible mobility of oxygenated soil water in those. Theoretical calculations indicate that the corrosion in these cavities and crevices will be very small, only 0,002 – 0,014 μm assuming no water mobility in the cavities and crevices. However, if instead the experiences of corrosion rates from piles in free water and soils are extrapolated to lower values of oxygen mobility the corrosion rate could be 0,5 – 8,0 $\mu\text{m}/\text{year}$ in the crevices in the pile fittings for the piles and 0,05 – 1,05 $\mu\text{m}/\text{year}$ for the inner cavities of the concrete pile fittings. The higher of these values have been assessed as characteristic corrosion rates.

Based on the assumed corrosion rates and the design recommendations from the Swedish Commission on Pile Research design values in mm/100 years on corrosion rates have been assessed for different parts of steel shoes and fittings for different types of pile. The following values are proposed as design values for the corrosion rates:

- pipe-shaped fittings for wooden piles and concrete-wooden piles, external steel surfaces: 1 mm/100 years. No corrosion on internal steel surfaces.
- inner cavities and crevices in concrete pile fittings: 0,2 mm/100 years (all surfaces)
- upper and lower base plates of concrete pile fittings: 1,0 mm/100 years
- rock shoes crevices between the socket and the rock tip: 1 mm/100 years (all surfaces)
- steel surfaces in direct contact with surrounding soils, corrosion rate according to recommendations in Swedish Commission on Pile Research Report no. 98 (ref. 2) .
- for socket fittings for steel piles inner crevices: 1 mm/100 years (all surfaces)

As an alternative to designing pile fittings and rock tips for a certain corrosion rate, special grease can be used to protect them from corrosion provided the grease itself is protected from rubbing during pile driving.

As an alternative to designing the interior steel surfaces of pipe piles and their pile fittings for corrosion caused by intruded groundwater, the whole pipe pile can be filled with cement mortar after the pile has been driven into position. The mortar will act as an effective corrosion protection.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Förord.....	3
Sammanfattning	3
Summary.....	6
1 BAKGRUND.....	10
2 AKTUELLA BESLAG AV STÅL FÖR TRÄ-, BETONG- OCH STÅLPÅLAR.....	11
2.1 Träpålar.....	11
2.2 Betongpålar.....	11
2.3 Stålpålar	12
3 KORROSION PÅ OLEGERAT OCH LÅGLEGERAT STÅL I JORD	13
3.1 Kunskapsläget.....	13
3.2 Korrosionscellen.....	14
3.3 Olika typer av korrosionsceller – olika typer av korrosionsangrepp.....	15
3.3.1 Allmän (jämn) korrosion	15
3.3.2 Lokal korrosion och gropfrätning.....	15
3.3.3 Galvanisk korrosion.....	16
3.3.4 Aktiv/passiv korrosionscell.....	16
3.4 Korrosionsprodukter - ”rosten”	16
3.5 Faktorer som inverkar på korrosionen.....	17
3.5.1 Syrets transport till korrosionscellernas katodytor	17
3.5.2 Jordens vattenkvot	17
3.5.3 Jordresistiviteten.....	18
3.5.4 Andra faktorer.....	18
3.5.5 Faktorer för bedömning av korrosionens storlek på stålpålar.....	18
4 KORROSIONSBEDÖMNING	19
4.1 TRÄPÅLAR	19
4.1.1 TT-skarven (träpåle på träpåle).....	19
4.1.2 BT-skarven (betongpåle på träpåle).....	20
4.2 BETONGPÅLAR.....	21
4.2.1 ABB- skarven	21
4.2.2 Bergskon	23
4.3 STÅLPÅLAR	24
4.3.1 Pålen utvändigt	24
4.3.2 Pålen invändigt	26
4.3.3 Skarvhylsa - utvändigt	27
4.3.4 Bergskon	28
5 SLUTSATSER	29
6 REFERENSER	31

- Bilaga 1** Ritning Göteborgsskarv
- Bilaga 2** Ritning ABB – Skarven
- Bilaga 3** Ritning, SS 81 11 96, Bergskor
- Bilaga 4** Ritning, SS 81 11 92, Bergsko, dubb
- Bilaga 5** Ritning slank stålrörspåle
- Bilaga 6** Korrosion i spalter på nedslagna pålar i jord
- Bilaga 7** Diagram visande korrosionshastighet i $\mu\text{m}/\text{år}$ som funktion av grad av syresättning

1 BAKGRUND

På uppdrag av Pålkommisionen har Korrosions- och Metallforskningsinstitutet AB (KIMAB) i Stockholm och Statens geotekniska institut (SGI) i Linköping sökt klarlägga rimliga krav på rostmån på bergskor och invändig korrosion på skarvbeslag av stål till olika slag av pålar. Bakgrunden härtill är att det råder en diskrepans mellan kraven i Bro 2004 (ref. 4) och den praxis, som tillämpas i branschen.

Denna rapport beskriver aktuella pålskarvar och spetsar och de olika delar, som kan ha betydelse för pålens stabilitet och beständighet med hänsyn till den korrosion, som bedöms kunna uppstå på olika delar.

I Bro 2004 31.12, 31.13 och 31.14 hänvisar man beträffande korrosion till Bilaga 5-2, som i sin tur hänvisar till Pålkommisionens Rapport 98, "Dimensioneringsanvisningar för slagna slanka stålpålar" Kapitel 7 (ref. 2), med vissa ändringar och tillägg.

Sålunda skall:

- Dimensionerande invändig rostmån enligt Tabell 7.42 sättas till 2 mm.
- Kringgjutning utan foderrör enligt Tabell 7.82 godtas inte
- Tunna organiska beläggningar enligt Tabell 7.93 godtas inte

Några direkta krav på beslag och spetsar till trä- och betongpålar anges ej i Bro 2004.

För de olika beslagen till trä-, betong- och stålpålar, som redovisas nedan, har en analys gjorts av de hålrum, som kan uppkomma i skarvarnas och spetsarnas olika delar och som kan tänkas bli fyllda med syresatt jord eller vatten. Analysen har baserats på uppgivna toleranser från tillverkningsritningar för beslagen och ett tillägg härtill för de förändringar av spalterna som kan uppkomma i samband med neddrivning och stoppslagning. Tillägget har baserats på bedömningar och erfarenhet. De sålunda beräknade spalterna har använts för att beräkna möjliga inneslutna volymer av jord eller vatten, som i sin tur använts för en teoretisk beräkning av möjlig korrosion i spalten. Härvid har man antagit att det inte finns någon omsättning på däri innesluten jord, luft eller vatten, vilket torde gälla för flertalet pålskarvar i jord.

2 AKTUELLA BESLAG AV STÅL FÖR TRÄ-, BETONG- OCH STÅLPÅLAR

2.1 Träpålar

Korrosionsinstitutet (KI) har 2002-03-03 lämnat ett utlåtande om den tekniska livslängden för två pålskarvar från Neofac AB i Kungälv. Den ena BT är avsedd att skarva underpåle av trä med överpåle av betong medan den andra TT är avsedd att skarva samman underpåle av trä med överpåle av trä. Båda skarvarna är typgodkända och patent-skyddade, jfr bifogade ritning Nr. 300, Bilaga 1.

I trä utgörs skarven av ett 260 mm långt stålrör Ø150 mm av kolstål SS 1312 med tjockleken 2,5 mm enligt ritning. Enligt KI bör dock tjockleken ökas till 4,5 mm för 100 års livslängd. I betong är skarvröret fastgjutet med 6 armeringsjärn KS 40 S. Mellan pålarna finns en 1,5 mm plåt.

För sin funktion är skarven beroende av att skarvröret ej utsätts för kraftig korrosion. Korrosionens storlek beror av hur stor del av skarvröret, som kan komma i direkt kontakt med jord och grundvatten. Med hänsyn till risken för snedhet i skarven och att skarven ej kan slås samman helt (beroende på lufthålets placering) bör man här räkna med att en spalt på 5-10 mm kan uppstå mellan pålarna.

Uppgift om bergsko för underpåle av trä föreligger inte.

2.2 Betongpålar

För skarv till betongpålar har här använts ritning V2-02 från Skanska Grundläggning visande Pålskarv ABB, 235, 270 och 275 med friktionssvetsade förankringsstål, Bilaga 2. Skarven är godkänd av Vägverket.

För bergskor och bergdubb har här tillämpats SS 811196 och SS 811192, Bilaga 3 och 4 från Pålskommissionens Rapport 94 (ref.5).

Skarven består av två bottenplattor med tjockleken 6,1 mm på vilka svetsats 125 mm höga kragar med tjockleken 3 eller 5 mm. I dessa två lådor svetsas vardera två låsblock och två låsdubbar till vilka förankringsstålen är svetsade. Vid skarvning förs låsdubbar in i respektive låsblock och låses med låspinnar, som i sin tur låses med en fjäder-ring.

För sin funktion är skarven beroende av att krafterna kan överföras från förankringsarmering via låsdubbar och låspinnar till låsblocken och däri infästa förankringsjärn. Kragar och bottenplatta har ingen direkt funktion när väl pålen är på plats i jorden bortsett från att bottenplattorna fyller viss volym. Avgörande för momentkapaciteten är således förankringsarmeringens infästning i låsblock och låsdubb, låsdubbens dragstyrka i den del som ligger i låsblocket liksom låspinnens skjuvhållfasthet. Korrosionens storlek på dessa detaljer förväntas därför bli avgörande för hela skarvens beständighet.

För att bedöma korrosionens storlek måste man bedöma möjligheterna för jord och vatten att tränga in i olika delar av skarven under neddrivning samt när den står på plats i jorden. Avgörande härför är dels toleranserna på de olika delarna och vad som händer

med dessa under neddrivning och stoppslagning. Spalten mellan bottenplattorna bedöms kunna bli av storleken 1-2 mm efter nedslagning om hänsyn också tas till bristande planhet på plåtarna. Spalterna inne i skarven mellan låsblock, låsdubb och låspinne bedöms kunna bli av storleken 0,3-1,4 mm men utrymmet är samtidigt slutet med en låsbricka och den grövre delen av låspinnen.

Bergskon består av en 20 mm tjock platta med storleken 160 eller 190 mm. I denna svetsas eller gängas förankringsstänger och en 125 mm hög låda av 3 mm plåt. På undersidan svetsas hylsan som skall hålla bergdubben samt fyra fjädrar med tjockleken minst 20 mm, som skall stötta hylsan vid momentbelastning. Bergdubben Ø 60 mm sätts in i hylsan och hålls kvar med en skruv i ett spår i dubben.

Avgörande för bergskons bärförmåga och momentkapacitet är förankringsarmeringens infästning i plattan, hylsans och fjädrarnas infästning i plattan respektive i varandra samt den hålade delen av hylsan. Även bergdubbens egen styrka kan vara avgörande. Med hänsyn till tillverkningstoleranserna för hylsa och dubb kan diameterskillnaden bli 1,2 mm. Om hänsyn tas även till viss deformation av hylsan till följd av hård och sned slagning bör den största spaltbredden mellan hylsa och dubb sättas till 2 à 3 mm. Spalten kan komma att bli fylld med jordvatten och jord.

Vid bedömning av korrosionens effekt på dessa delar bör man liksom för skarven ovan bedöma hur mycket jord och vatten, som kan omge och tränga in i bergskons olika delar, utifrån de toleranser som gäller för bergskons delar. Man bör också särskilt beakta att en bergsko normalt slås till stopp mot berg eller i fast jord, som kan vara vattenförande, varför jordmiljön kring bergskon kan vara mer eller mindre syresatt.

2.3 Stålpålar

För stålpålar gäller här ritning MC-1 över slank stålrörspåle, Typritning från Stålcener i väst daterad 2001-12-18, Bilaga 5.

Pålen består av stålrör med ytterdiameter 60,3 – 114,3 mm med godstjockleken 6,3 mm.

Skarven utgörs av en skarvhylsa med ytterdiameter 75,0 – 129,5 mm, godstjockleken 6,1 eller 6,9 mm och längden 220 – 270 mm. Innerdiametern är reducerad vid skarvmitt. Med angivna toleranser på pålens ytterdiameter och skarvhylsans innerdiameter kan diameterskillnaden som mest uppgå till mellan 0,85 och 1,1 mm. Som en följd av hård slagning bedöms en spalt på 1-2 mm kunna uppstå mellan påle och hylsa, vilken kan komma att fyllas med jordvatten och jordpartiklar.

Bergsko. Pålen kan förses antingen med en plan pålsko eller en bergsko. Här behandlas endast den senare. Denna består av en plan spets med 20 mm tjocklek som stöder mot pålens underkant och som är styrd mot pålens innervägg på en sträcka av 40-50 mm. Den plana spetsen har samma eller något större diameter jämfört med pålrörets ytterdiameter. Spetsen svetsas eller pressas fast i pålröret. Spetsen kan förses med en bergdubb med diametern 30,8 – 41,0 mm som sätts i ett 35 mm djupt hål i spetsen. Hur bergdubben fästs i spetsen framgår ej klart av ritningen. Ej heller framgår borrhålets diameter. Eftersom bergdubbens styrning är mindre än vad som är fallet på betongpålar och eftersom fastsättningsmetoden är okänd bör man här förutsätta en spalt mellan hylsa och bergdubb som är större än den för betongpålspetsen, d.v.s. större än 2 à 3 mm.

3 KORROSION PÅ OLEGERAT OCH LÅGLEGERAT STÅL I JORD

3.1 Kunskapsläget

I Sverige är området korrosion på stålplåtar och andra vertikala stålkonstruktioner i jord väl undersökt och kunnandet är mycket väl utvecklat jämfört med vad som är fallet i de flesta andra industrialiserade länder. Vid sidan av undersökningar av korrosionen på enstaka plåtar har det i Sverige genomförts fem omfattande långtidsundersökningar i fält, av vilka två fortfarande pågår. Fyra av dessa är beskrivna i sammandrag i Pålkommisionens Rapport 93 (ref. 1). Det är resultat från dessa undersökningar som ligger till grund för de dimensionerande värden på korrosionens storlek, vilka anges i tabellform i Kapitel 7 "Beständighet" i Pålkommisionens Rapport 98 (ref. 2). Samma tabeller återfinns i Appendix 1 i Pålkommisionens Rapport 93 tillsammans med en förklaring av säkerheten i angivna värden.

Efter utgivningen av Pålkommisionens Rapport 93 drogs ett antal nedslagna rör av olegerat, låglegerat och höglegerat (rostfritt) stål upp efter 25 års exponering på tre olika provplatser i Mellansverige med olika jordlagerföljder. Resultaten är beskrivna av Vinka i en internrapport vid Korrosionsinstitutet (ref. 6). Ungefär samtidigt genomförde Vinka m.fl. en fältundersökning där man med speciella mätsonder studerade korrosionens beroende av årstidsvariationer i temperatur och nederbörd (ref. 7 och 8). I (ref. 7 och 8) behandlas också korrosion i fyllningsjord samt en jämförelse mellan denna korrosion i andra, naturliga jordarter. Därutöver har de cirka 800 korrosionsobservationerna från SJ Geotekniska kontorets mycket stora fältundersökning av korrosion på stålplåtar i jord (beskrivs i avsnitt 5.1.1 i ref. 1) behandlats statistiskt i en särskild undersökning vid Statens geotekniska institut och Korrosionsinstitutet, Bengtsson & Vinka & Camitz & Bergdahl (ref. 9). Vinka har också gjort en detaljerad kemisk analys av de korrosionsprodukter som påträffats på stål, som varit exponerat lång tid i olika jordar (ref. 10).

I Vinka & Bergdahl & Camitz, 2002 (ref. 11) redovisas detaljerade mätningar av dimensionsminskning hos X-plåtar, som ingått i en av de svenska fältundersökningarna. Där diskuteras också dimensionsminskningens betydelse för pålens lastupptagning. Vidare behandlas bildandet av olika korrosionsprodukter i jord. Långt tidigare undersökte Bergdahl dimensionsminskningen hos kraftledningsstolpars stålfundament i jord (ref. 12). Nyligen undersökte Bergdahl och Tränk hårdigheten mot mekaniska skador på olika typer av skyddsbeläggningar på stålplåtar, som slås i jord (ref. 13 och 14). Vinka m.fl. har undersökt den korrosionsskyddande förmågan hos olika typer av skyddsbeläggningar avsedda för stålplåtar (ref. 15 och 16). Camitz och Vinka har också undersökt korrosionshårdigheten hos stänger av fyra olika rostfria ståltyper, vilka hade stått nedslagna 25 år i tre olika jordlagerföljder (ref. 17).

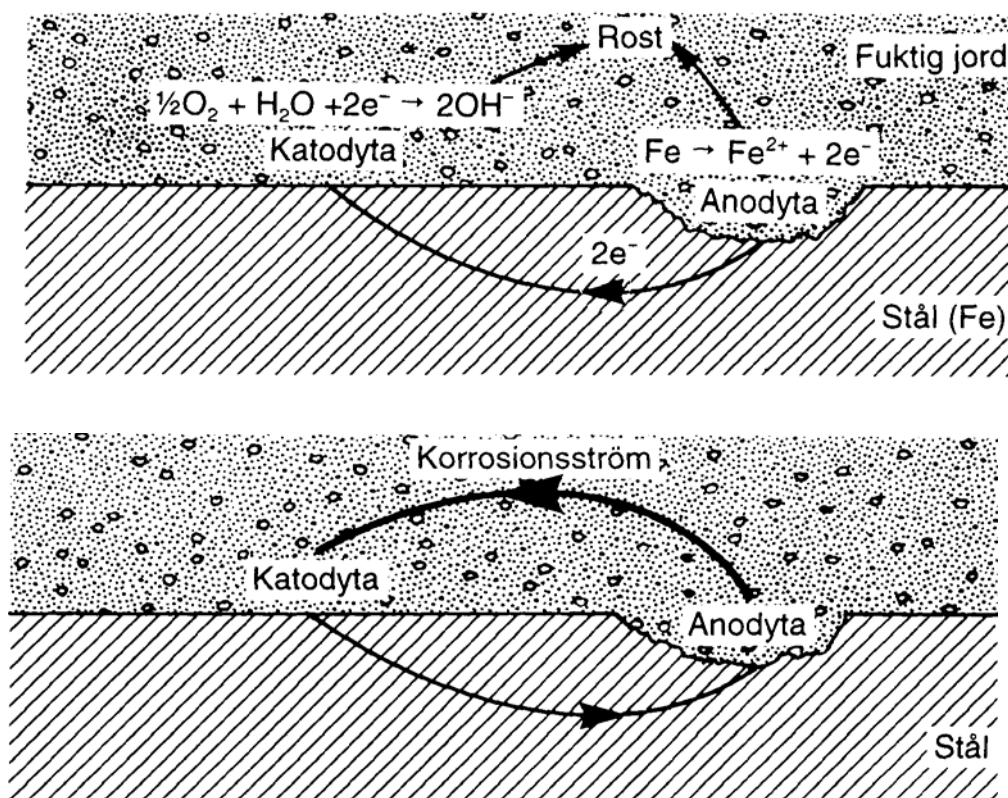
Utöver fältundersökningarna har ett antal laboratorieundersökningar genomförts vid Korrosionsinstitutet. I en undersökning studerades korrosionens beroende av jordens pH-värde i vattenmättad jord (ref. 18). I en fortsatt undersökning, med liknande experimentell uppställning som den förra, studerades korrosionens beroende av både jordens pH-värde och luftningsgrad och vattenhalt (ref. 19). I ytterligare en annan laboratorieundersökning studerades korrosionens uppträdande i och kring grundvattenzonen (ref. 20).

I det följande redogörs i korthet för korrosionen på oskyddade stålplåtar i jord utifrån dagens kunskaper. För ordförklaringar se kapitlet Korrosionsteknisk ordlista i (ref. 1) samt i dokumentet ”Katodiskt skydd, Korrosion i jord, Läckströmskorrosion – Ordförklaringar” på Korrosions- och Metallforskningsinstitutets hemsida: www.KIMAB.com.

3.2 Korrosionscellen

Korrosionen på stål och andra metaller sker i så kallade korrosionsceller vilka är av elektrokemisk art. I det följande beskrivs de typer av korrosionsceller som från teoretisk synpunkt skulle kunna förekomma på de stålplåtar och plåtars beslag, skarvhylsor och bergskor i jord, som behandlas i denna rapport.

I korthet utgörs en korrosionscell av två åtskilda partier på stålytan samt den elektrolyt (ett medium som leder elektrisk ström genom jontransport, t ex. vatten, fuktig jord eller fuktig betong) som ligger an mot partierna, se Figur 1. Det ena ytpartiet har en mera negativ potential och utgör cellens anodiska yta, medan det andra partiet har en mindre negativ (potential åt det positiva hållet) och utgör därmed cellens katodiska yta. Med potential avses i detta sammanhang metallens elektrokemiska potential (elektrodpotential = fri korrosionspotential).



Figur 1. Korrosionscell på stål i jord eller vatten. Övre bilden visar de elektrokemiska reaktionsförloppen. Nedre bilden visar korrosionsströmmens väg i samma korrosionscell.

Potentialskillnaden mellan anod och katod medför att det flyter en elektrisk ström, korrosionsströmmen, från anodytan, genom jordvattnet till katodytan. Strömtransporten denna väg sker genom jontransport (transport via elektriskt laddade joner). Vid katodytan går strömmen in i metallen och flyter i denna tillbaka till anodytan för att där sluta strömkretsen. Strömtransporten denna väg sker genom elektrontransport. För mera detaljerad framställning av korrosionsceller i jord, se (ref.1).

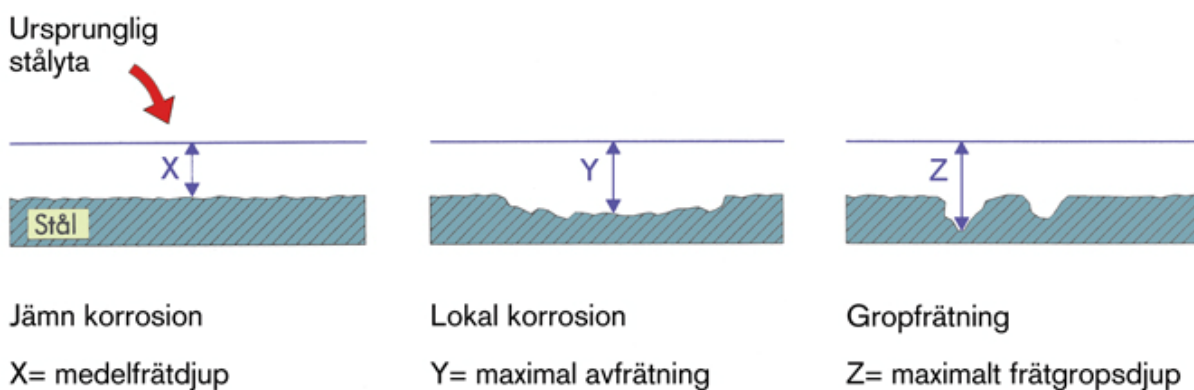
När korrosionscellen är aktiv löses stålet upp (korroderar) på anodytan samtidigt som ett ämne, vanligen syrgas (O_2), reduceras kemiskt på katodytan. Hur stor korrosionen blir i korrosionscellerna på en stålpåle beror av hur aktiv cellen är, vilket i sin tur beror av ett antal faktorer, vilka behandlas nedan.

3.3 Olika typer av korrosionsceller – olika typer av korrosionsangrepp

Korrosionsceller kan ha olika konfiguration. Dessa och vilken betydelse de har för korrosionsangreppet utseende beskrivs här nedan.

3.3.1 Allmän (jämn) korrosion

Är anod- och katodytorna små och ungefär lika stora samt belägna omedelbart intill varandra uppstår en jämn avfrätning över stålytan, så kallad jämn (allmän) korrosion. Se Figur 2. På en stålyta som har korroderat genom allmän korrosion anser man att positionen för anod- och katodytorna har växlat med tiden, varför det knappast är möjligt att med ögat urskilja var anod- respektive katodytorna varit belägna. Möjligen kan man iakttä en skrovlighet på stålytan, vilken antyder de båda ytornas åtskillnad.



Figur 2. Typer av korrosionsangrepp på kolstål eller låglegerat stål i jord

3.3.2 Lokal korrosion och gropfrätning

Är däremot katodytorna stora och anodytorna små blir korrosionsangreppen koncentrerade, så kallad lokal korrosion. Ett specialfall av lokal korrosion är gropfrätning. Där är det lokala korrosionsangreppet starkt avgränsat från omgivande stålyta i form av en grop. Gropfrätning förekommer sällan på stålpålar i jord och endast några fall av yttlig lokal korrosion har observerats på pålar i de svenska fältundersökningarna, med ett undantag. Undantaget utgörs av ett stålrör som hade stått 25 år i marin lera i havsbandet utanför Uddevalla. Röret hade korroderat mycket kraftigt utmed cirka en decimeter vid

den nedre röränden. Orsaken till detta kraftiga lokala korrosionsangrepp är fortfarande föremål för diskussion.

3.3.3 Galvanisk korrosion

I den korrosionscell, som föreligger vid så kallad galvanisk korrosion av typen bimetal-lisk cell, utgörs katodytorna av två olika metaller med väsentligt olika potentialer. Ett ficklampsbatteri är en galvanisk cell av bimetalotyp. Den stora potentialskillnaden mellan batteriets anod och katod alstrar batteriströmmen när dessa ytor kortsluts med fick-lampans strömbrytarknapp. Strömmen får lampen att lysa. Batteriströmmen motsvarar korrosionsströmmen i en galvanisk korrosionscell. En galvanisk cell av denna typ kan uppkomma på stål, som är i elledande kontakt med en annan, mera ädel metall, såsom framför allt koppar eller mässing som har betydligt mera positiv potential än stål.

Praktiska undersökningar, bland annat i jord, har dock visat att galvanisk korrosion inte uppkommer om olika stålsorter "blandas med varandra" så länge de utgörs av olegerat eller låglegerat stål.

3.3.4 Aktiv/passiv korrosionscell

Ett specialfall av galvanisk korrosionscell är så kallad aktiv/passivcell. I denna utgörs både anod- och katodytorna av stål men de har väsentligt olika potential. En sådan cell kan uppkomma på stål, som delvis är beläget i alkalisk betong och delvis i vatten eller jord utanför betongen. Stålet i betongen är passiverat och har en ädel (positiv) potential och blir katod medan stålet utanför betongen har "normal" potential och blir anod i cel-len. Verkan i en aktiv/passiv-cell bestäms av en rad faktorer. Den är framför allt starkt beroende av syretransporten fram till katodytan inne i betongen.

Frågan om det kan uppkomma förstärkt korrosion på en stålpåle, som delvis är i kontakt med den ingjutna stålarmeringen i betong alternativt på en stålpåle, som upptill är kringgjuten med betong, har diskuterats ingående. Det är dock troligt att denna typ av korrosion inte uppkommer i detta fall. Stöd för detta antagande ges bland annat av en japansk långtidsundersökning av korrosionen på slagna stålpålar i olika jordlagerföljder, se Avsnitt 5.1.7 i (ref. 1). I undersökningen försökte man framkalla denna typ av korrosion (aktiv/passivkorrosion) men efter uppdragning av pålarna efter 10 års expone-ring i jord kunde man inte finna några tecken på förstärkt korrosion till följd av de av-siktligt arrangerade aktiv/passivcellerna. Man anger som förklaring den mycket låga hastigheten för diffusion av syremolekyler fram till de förmodade katodiska partierna på den ingjutna stålarmeringen.

3.4 Korrosionsprodukter - "rosten"

De järnjoner (Fe^{2+}), som löses ut på anodytan, förenar sig med hydroxidjonerna (OH^-), som bildas på katodytan, och bildar en någorlunda fast korrosionsprodukt, rost, som fälls ut på stålytan. Beroende på kemiska egenskaper hos korrosionsmediet, den fuktiga jorden, kan rosten ha olika kemisk sammansättning.

I den kemiskt reducerande miljö, som normalt råder i jord, kommer rosten att innehålla mindre syre än vad som är fallet i mer syrerika miljöer, såsom i vatten och fuktig luft. Vanligen utgörs rosten i jord av magnetit, "svartrost" (Fe_3O_4). Vid analyser av jord- och

rostskikten närmast stålytan i de svenska fältundersökningarna har man också påträffat ett tunt, svart och ”oljigt” skikt närmast stålytan (innanför magnetitskiktet) bestående av en blandning av finkornig jord och en form av järnsulfid, pyrit (FeS_2). I botten av lokala korrosionsangrepp på stålplåtar som varit exponerade i jord har även en annan järnsulfidförening (FeS) påträffats. Orsaken till sulfidförekomsten är att svenska kohesionsjordar innehåller större eller mindre mängd svavelkomponenter samt att miljön närmast stålytan i sådan jord är anaerob.

Närmast markytan, och i sådana fall där jorden är förhållandevis välluftad, kan det bildas en mera syrerik korrosionsprodukt, nämligen järnhydroxid, ”rödrost” (FeOOH) på pålens stålytor närmast under markytan. Rödrosten har en viss sprängande verkan i trånga utrymmen, till exempel i skruvförband och liknande. Magnetitrosten och sulfidskikten har inte denna egenskap.

3.5 Faktorer som inverkar på korrosionen

3.5.1 Syrets transport till korrosionscellernas katodytor

Den starkast styrande faktorn i detta sammanhang är hastigheten för strömning eller diffusion av syremolekyler, som finns lösta i jordvattnet, fram till katodytan. Begränsas syretransporten, såsom t ex. i tät kohesionsjord och i trånga spalter fyllda av täta korrosionsprodukter, begränsas hastigheten för korrosionen även om det finns aggressiva komponenter, exempelvis kloridjoner, i jordvattnet. Även grundvattenytan utgör ofta en effektiv ”spärr” för syretransport till påldelar därunder. I den vattenmättade jorden under grundvattenytan är syretransporten begränsad beroende på grundvattnets låga rörlighet. Avgörande för korrosionen i jord, oavsett typ av korrosionscell, är alltså syrets mobilitet i jordvattnet.

3.5.2 Jordens vattenkvot

Jordens vattenkvot har stor betydelse för syrets mobilitet och därmed också stor inverkan på korrosionshastigheten. Vid laboratorieundersökningar i sand vid Korrosionsinstitutet (ref. 18), framkom att maximal jämn och lokal korrosionshastighet på kolstål uppstod vid en viss, för korrosionen, optimal vattenhalt på cirka 6 mass-% (som motsvaras av vattenkvoten 6,4 mass-%, den volymbaserade vattenhalten 10 vol-% och vattenmättnadsgraden 27 vol-%).

Vid högre och lägre vattenhalt än 6 mass-% minskade både den jämna och den lokala korrosionen. Från laboratieförsöken att döma blir korrosionen successivt mer katodiskt reglerad från vattenmättnadsgraden 27 vol-% till vattenmättnad av jorden. Korrosionshastigheten blir vid katodisk reglering begränsad av transporthastigheten för syrgas genom jorden fram till metallytan.

I en annan laboratorieundersökning vid Korrosionsinstitutet med vertikala stålstänger och vertikalt anordnade små stålplåtar i sand och med reglerad ”grundvattenyta” fann man den största medelavfrätning (jämn korrosion) strax under nivån där jorden blir vattenmättad (ref. 17). Strax över den vattenmättade nivån blev medelavfrätningen mindre men det uppstod fler och betydligt djupare lokala angrepp i denna jordmiljö.

3.5.3 Jordresistiviteten

Ytterligare en faktor, som är av betydelse för korrosionshastigheten, är den elektriska resistansen i korrosionsströmmens väg, antingen i metallen eller i elektrolyten. I jord med hög resistivitet (högt elektriskt motstånd) såsom i jordvatten med låg ”jonhalt” eller i vattenfattig jord (grus, sand etc.) begränsas strömtransporten varvid även korrosionen begränsas. Även i trånga utrymmen, såsom trånga spalter, ökar resistansen vilket alltså hämmar korrosionen. Jordresistivitetsens betydelse är dock underordnad betydelsen av syretransporten fram till stålytan.

3.5.4 Andra faktorer

I utländsk litteratur har det då och då föreslagits att även andra faktorer, såsom jordens kemiska sammansättning och jordens pH-värde, skulle vara avgörande för korrosionen på stålplåtar. Undersökningar har nämligen visat att dessa parametrar har inverkan på korrosionen på nedgrävda metallkonstruktioner, såsom stålrörledningar, kablar med metallhölje, stålbehållare och kraftledningsstolpar stålfundament och förankringsstag. Ingående analys av de svenska fältundersökningarna har dock tydligt visat att dessa faktorer vid normala pH-värden är underordnade syrets mobilitet i jorden, och att de alltså inte kan användas som jordparametrar vid bedömning av korrosionens förväntade storlek på stålplåtar i jord (ref. 9). Skillnaden beror framför allt på att nedgrävda konstruktioner är belägna på ringa djup under markytan samt att jorden blir omrörd vid nedgrävning av konstruktioner varvid det skapas heterogeniteter på konstruktionsytan. Se vidare avsnitt 3.5 i (ref. 1).

3.5.5 Faktorer för bedömning av korrosionens storlek på stålplåtar

Det går inte att mäta syremobiliteten i jord och knappast inte heller jordens syrehalt. För bedömning av korrosionen på stålplåtar i jord har man i stället tillgripit två indirekta mått på syrets transportmöjlighet, nämligen jordlagerföljd och grundvattenförhållandena på den aktuella plåtplatsen. Riktigheten i detta har verifierats genom ingående analyser av resultaten från svenska fältundersökningar och laboratoriestudier.

För olika jordlagerföljder och grundvattenförhållanden har man, som tidigare sagts, ansett dimensionerande värden på förväntad storlek på korrosionen. Dessa värden finns angivna i tabellform i Kapitel 7 ”Beständighet” i Pålkommisionens Rapport 98, Samma tabeller återfinns i Appendix 1 i (ref.1) , tillsammans med en förklaring av säkerheten i angivna värden.

4 KORROSIONSBEDÖMNING

Nedan redovisas de förhållanden, som ligger till grund för, och de bedömningar av dimensionerande korrosion som gjorts, för olika pålbeslag och ingående delar. Som underlag för bedömningen finns en teoretisk beräkning av korrosionsförloppen vid skarvar och bergskor som redovisas i Bilaga 6. Denna visar att korrosionen totalt blir mycket liten ($0,0002 - 0,014 \mu\text{m}$) i spalter och glapp om man förutsätter att inget ytterligare syre kan tillföras dessa.

Ett annat sätt att bedöma effekterna av en minskad syresättning i skarvbeslag och bergskor visas i Bilaga 7 där kända korrosionshastigheter i öppna vatten och i jord sammanställts i ett log – logdiagram som funktion av en antagen syresättningsmöjlighet. Om man antar att syresättningsmöjligheten i jord är 10% av den i öppet vatten kan värdena extrapoleras till än mindre syresättningsmöjligheter, till exempel om man antar att den i öppna tunna skarvglapp är 10% av den i jord och den i det slutna skarvbeslaget är 1% av den i jord, skulle korrosionshastigheten bli mellan 0,05 och 0,8 mm/100 år i skarvglappet och mellan 0,005 och 0,105 mm/100 år i slutna skarvutrymmen. Det högre av dessa värden har här ansatts som karakteristiska värden på korrosionshastigheten. För att erhålla dimensionerande korrosionshastigheter skall dessa värden multipliceras med en partialkoefficient. Denna har i Pålkommisionens Rapport 98 befunnits vara mellan 1,33 och 1,77 jämfört med 95%-fraktilen på uppmätt korrosion i aktuella jordar (Karakteristiskt värde på korrosionen). Här har partialkoefficienten satts till 1,5, vilket motsvarar ett säkerhetsindex β på 3,72 dvs. säkerhetsklass 1 enligt BKR 2.114 (ref.3).

4.1 TRÄPÅLAR

4.1.1 TT-skarven (träpåle på träpåle)

- a) **Korrosionspåverkad stålyta:** Del av skarvrörets utsida i en 5-10 mm spalt mellan över- och underpåle, uppkommen genom snedslagning av pålen eller otillräcklig sammanslagning av pådelarna.

Jordmiljö: Eftersom träpålar normalt slås i lerjord och ned under grundvattenytan förväntas pålskarven hamna i denna typ av jord. Som en följd av de kemiskt reducerande förhållandena i den vattenmättade, täta lerjorden kommer korrosionsmiljön att vara praktiskt taget helt anaerob, det vill säga syrefri.

Korrosionsprodukter: I denna reducerande korrosionsmiljö kommer de korrosionsprodukter, som bildas på stålytorna att utgöras av magnetit (Fe_3O_4). Eftersom svenska lerjordar innehåller mer eller mindre mängd svavelkomponenter kommer det, på grund av den anaeroba miljön, troligen även att bildas ett tunt skikt av järnsulfid blandad med jord närmast stålytan.

Korrosionsförlopp - prognos: Den korroderande stålytan är förhållandevis liten och det föreligger ingen annan stålyta på pålen, som skulle kunna samverka med korrosionen på skarvröret och därigenom förstärka korrosionen på skarven. I och med detta minskar risken för förekomst av stora sammanhängande katodytor.

Typ av korrosionsangrepp: Korrosionsangreppet kommer att utgöras av allmän (jämn) korrosion på rördelen mellan träpålarnas ändytor. Det kommer sannolikt inte att uppkomma några utpräglade lokala angrepp.

Korrosionens storlek: Här kan dimensionerande värde för korrosion på nakna stålplåtar i lerjord enligt tabell 7.52 i Pålskommissionens Rapport 98 tillämpas som utgångspunkt. Där anges 2,0 mm avrostning efter 100 år i oorganisk lerjord och 3,0 mm avrostning efter 100 år i organisk lerjord. Lerjorden, som träpålskarven bedöms hamna i, utgörs i normalfallet av oorganisk lerjord. Eftersom den korroderande stållytan är liten är det rimligt att anta att korrosionen kommer att bli ungefär hälften så stor som den på en naken stålplåta i samma typ av lerjord, det vill säga av storleksordningen 1 mm efter 100 år.

Bedömd storlek på avfrätning efter 100 år: Avfrätning av skarvrörets stållyta, som är i kontakt med lerjord i skarvglappet, bedöms bli 1 mm efter 100 år. Detta skall betraktas som ett dimensionerande värde och kan således ansättas direkt i erforderliga dimensioneringar.

4.1.2 BT-skarven (betongpåle på träpåle)

- a) **Korrosionspåverkad stållyta: Del av skarvrörets utsida i en 5-10 mm spalt mellan över- och underpåle, uppkommen genom snedslagning eller otillräcklig sammanslagning av påldelarna.**

Jordmiljö: Eftersom träpålar, med överdel av betongpåle, normalt slås i lerjord och ned under grundvattenytan förväntas pålskarven hamna i denna typ av jord, som är praktiskt taget helt anaerob, det vill säga syrefri.

Korrosionsprodukter: Samma som för TT-skarven (se ovan).

Korrosionsförlopp - prognos: Den korroderande stållytan är förhållandevis liten. Här har Korrosionsinstitutet tidigare bedömt att stållytans korrosion (anodprocessen) skulle kunna samverka med korrosionsprocessen (katodprocessen) på den ingjutna stålarmeringen i betongpåldelen i en så kallad aktiv-/passivcell, se punkt 2.1. Detta skulle i så fall innebära att korrosionen på den mot jord exponerade stållytan på skarvröret skulle bli högre än om skarvhylsan inte vore i ledande kontakt med betongpålens stålarmering.

Senare, fördjupade analyser av situationen har emellertid lett fram till bedömningen att detta inte kommer att ske. Visserligen finns förutsättning för uppkomst av en aktiv/passivcell genom den elektriskt ledande förbindelsen mellan skarvröret och den ingjutna stålarmeringen. Men på grund av den starkt försvårade diffusionen av syremolekyler genom den täta jorden och genom den vattenmättade betongen fram till stålarmeringen kommer cellen inte att vara verksam i sådan grad att det uppkommer ett märkbart förstärkt angrepp på skarvröret. Som en följd av den begränsade syrediffusionen kommer nämligen den ingjutna armeringens elektropotential inte nämnvärt att skilja sig från skarvrörets potential. Vidare kommer syrereduktionen (katodprocessen) på stålarmeringen att begränsas av den försvårade diffusionen i skarvglappet. Se även punkt 3.3. Man kan därför anta att det inte föreligger någon samverkan mellan korrosionen på skarvrörets stållyta med korrosionen på någon annan stållyta på pålen.

Typ av korrosionsangrepp: Korrosionsangreppet kommer att utgöras av allmän (jämn) korrosion på rördelen mellan påldelarnas ändytor. Det kommer sannolikt inte att uppkomma några utpräglade lokala angrepp.

Korrosionens storlek: Även här kan dimensionerande värde för korrosion på nakna stål-pålar i lerjord enligt tabell 7.52 i Pålkommisionens Rapport 98 tillämpas som utgångspunkt och samma resonemang föras som för ”träpåle på träpåle” (se ovan).

Bedömd storlek på avfrätning efter 100 år: Dimensionerande värde på avfrätning av skarvrörets stållyta, som är i kontakt med lerjord i skarvglappet, bedöms bli 1 mm efter 100 år.

4.2 BETONGPÅLAR

4.2.1 ABB- skarven

Siffror inom parentes anger ståldetaljernas position enligt ritning Nr. V2-02 i Bilaga 2.

a) Korrosionspåverkad stållyta: Trång spalt mellan låspinnens (detalj 3 i ritningen) och låsblockets (detalj 1 i ritningen) anliggningsytor

Korrosionsmiljö: Spalten kommer att vara fylld av en film av jordvatten och små jordpartiklar vilka trängt in och krossats under påslagningen. Från början är miljön i det närmaste anaerob (syrefri). Efter kort tid, troligen inom ungefär ett år, övergår miljön till att bli praktiskt taget helt anaerob på grund av syreutarmning. Exakt hur lång tid det tar innan miljön har blivit helt anaerob beror av vilken jordart pålen har slagits i.

Korrosionsprodukter: Dessa kommer att utgöras av magnetit (Fe_3O_4) och troligen av ett tunt skikt av järnsulfid närmast stållytan.

Korrosionsförlopp - prognos: Den första tiden försiggår korrosionen under begränsad tillförsel av syremolekyler. Därvid bildas korrosionsprodukten magnetit (”svartrost”) på stållytorna, vilken täpper till den trånga spalten och hindrar fortsatt tillförsel av syremolekyler till det slutna utrymmet mellan låsblock och låsdubb (se b) nedan). Fortsatt mycket långsam diffusion av nya syremolekyler från jorden utanför kommer knappast att bidra till fortsatt korrosion utan syret förbrukas i stället genom en mycket långsam strävan till uppoxidation av magnetitskiktets järnjoner (Fe^{2+}) och av sulfidjoner. Korrosionen avstannar.

Typ av korrosionsangrepp: Det mycket ytliga korrosionsangreppet kommer att utgöras av allmän (jämn) korrosion. Inga utpräglade lokala angrepp kommer att uppkomma.

Korrosionens storlek: Efter 100 år är djupet i det avfrätta skiktet så litet att det knappast är mätbart. Det finns ingen erfarenhet av en sådan korrosionssituation vare sig vid Korrosions- och Metallforskningsinstitutet eller vid någon annan liknande instans och korrosionens storlek måste grundas helt och hållet på en kvalificerad bedömning.

Bedömd storlek på avfrätning efter 100 år: Dimensionerande värde på korrosionshastigheten kan här sättas till 0,2 mm/ 100 år.

Man har även diskuterat hur effektivt korrosionsskydd en infettning av stålytor och låspinnar kan ge. Som jämförelse kan nämnas att utrymmet mellan förankringsstag och förankringslinor och deras rörhylsa vanligen är fyllt med fett i syfte att hindra fuktinträngning och korrosion under lång tid.

Erfarenheter från Korrosions- och metallforskningsinstitutet antyder att sådan infettning är verksamt och effektivt. I ett fall undersökte institutet förankringsstänger i sådana rörhylsor i Hälsingborgs hamn. Förankringarna höll kajsponten på plats men rörhylsorna var sedan länge fläckvis genomrostade från utsidan på grund av att de var belägna i vattenytan. Fettet avlägsnades och stängerna frilades vid rosthålen. Man fann att förankringsstängerna var helt fria från rostangrepp. Fettet hade skyddat stålet trots att stängerna, som var omgivna av fett, varit fläckvis exponerat för omgivningen. Institutet känner inte heller till något fall med korrosionsskadade förankringslinor eller förankringsstänger som varit inneslutna i fettfyllda rörhylsor. En infettning kan således ge ett effektivt korrosionsskydd förutsatt att fettets skyddas från avnötning under påslagningen.

b) Korrosionspåverkad stålyta: Slutet utrymme mellan låsdubb (detalj 2) och låsblock (detalj 1)

Korrosionsmiljö: Inneslutet jordvatten innehållande små krossade jordpartiklar. Från början i det närmaste anaerob (syrefri) miljö. Efter en tid är korrosionsmiljön helt anaerob.

Korrosionsprodukter: Samma som för spalten mellan skarvens låspinne och låsblock, se ovan.

Korrosionsförlopp - prognos: Korrosionsförloppet är det samma som för spalten mellan låspinne och låsblock, se a) ovan.

Typ av korrosionsangrepp: Även här gäller samma förhållande som för spalten mellan låspinne och låsblock, se a) ovan.

Korrosionens storlek: Här gäller samma förhållande som för spalten mellan låspinne och låsblock, se a) ovan.

Bedömd storlek på avfrätning efter 100 år: Här gäller också samma förhållande som för spalten mellan låspinne och låsblock (se a) ovan) det vill säga den dimensionerande korrosionshastigheten kan sättas till 0,2 mm/100 år

c) Korrosionspåverkad stålyta: Spalt mellan överlådans och underlådans bottenplattor (detalj 5). Spaltvidden kan i vissa fall uppgå till en eller ett par mm.

Korrosionsmiljö: I stort sett samma som för spalten mellan låspinne och låsblock, se a) ovan. I de fall spaltvidden är stor, storleksordning någon mm, kommer det att ta längre tid tills korrosionsprodukterna och skiktet av finjord och sulfidföreningar, har satt igen spalten.

Korrosionsprodukter: Samma som för spalten mellan skarvens låspinne och låsblock, se ovan.

Korrosionsförlopp - prognos: Korrosionsförloppet kommer att vara i stort sett det samma som för fallet a) ovan. På grund av att spalten är öppen ut mot omgivande jord kommer det att finnas möjlighet till kontinuerlig, men långsam, indiffusion av syremolekyler i spaltutrymmet.

Typ av korrosionsangrepp: Även här gäller samma förhållande som för spalten mellan låspinne och låsblock, se a) ovan.

Korrosionens storlek: Som följd av den något vidare spalten jämfört med fall a) ovan får man här räkna med ett något djupare angrepp efter 100 år än för fallet a) ovan.

Bedömd storlek på avfrätning efter 100 år: Dimensionerande korrosionshastighet kan sättas till 1,0 mm /100 år

4.2.2 Bergskon

Ståldetaljernas position framgår av ritning i Bilaga 3.

a) Korrosionspåverkade stålytor: Utvändiga stålytor hos bergskons ståldetaljer (låda, platta, fjäder, hylsa, dubb) vilka är fritt exponerade mot omgivande jord

Jordmiljö: Bergskon hos pålar som stoppslås i berg kommer i normalfallet att hamna i friktionsjord (vanligtvis morän) som ligger på berg. Materialet är genomsläppligt för grundvatten. Grundvattnet är antingen stagnant eller i mer eller mindre rörelse såsom vid pålning i en sluttning.

Korrosionsprodukter: Samma som för spalten mellan skarvens låspinne och låsblock, se ovan. Om jorden är starkt genomfluten av grundvatten kan det möjligen bildas järnhydroxid FeOOH som korrosionsprodukt, som en följd av den kontinuerliga tillförseln av syresatt grundvatten.

Korrosionsförlopp - prognos: Korrosionsförloppet kommer att vara i stort sett det samma som på en stålpåle som är slagen i sand eller morän, se avsnitt 3.5 i (ref. 1). samt (ref. 8)

Typ av korrosionsangrepp: Korrosionsangreppet kommer att vara av typen allmän (jämna) korrosion. Eftersom bergskon befinner sig under grundvattenytan bedöms det inte uppkomma några lokala angrepp av praktisk betydelse. Detta antagande stöds av observationer på provpålar i de svenska fältundersökningarna.

Korrosionens storlek: Här kan dimensionerande värden på korrosionen på stålpålar i olika jordarter enligt tabell 7.52 i Pålkommisionens Rapport 98 tillämpas.

Bedömd storlek på avfrätning efter 100 år: Enligt Tabell 7.52 i Pålkommisionens Rapport 98 kommer korrosionsangreppets djup efter 100 år att kunna vara 2 mm. Detta är ett dimensionerande värde.

b) Korrosionspåverkad stålyta: Sned spalt (2-3 mm) mellan dubb och hylsa, uppkommen vid hård slagning i berg

Jordmiljö: Grundvatten innehållande små jordpartiklar som krossats vid påslagningen.

Korrosionsprodukter: Dessa kommer att utgöras av magnetit (Fe_3O_4). Förmodligen kommer det inte att bildas järnhydroxid FeOOH , även om grundvattenflödet är starkt, eftersom magnetiten kommer att sätta igen spalten.

Korrosionsförlopp - prognos: Korrosionsförloppet kommer att likna det som sker på bergskons fritt exponerade stålytor. Korrosionshastigheten kommer dock här att vara mindre på grund av den försvårade syrediffusionen på grund av igensättning av spaltutrymmet med korrosionsprodukter.

Typ av korrosionsangrepp: Korrosionsangreppet kommer att vara av typen allmän (jämn) korrosion. Det bedöms att det inte kommer att uppstå några lokala angrepp av teknisk betydelse inne i spalten.

Korrosionens storlek: Ett rimligt antagande att korrosionsangreppet inne i spalten efter 100 år kommer att vara ungefär hälften så djupt som på bergskons utsida.

Bedömd storlek på avfrätning efter 100 år: Avfrätningens djup efter 100 år bedöms kunna bli 1 mm. Detta är ett dimensionerande värde.

4.3 STÅLPÅLAR

4.3.1 Pålen utvändigt

Korrosionspåverkad stålyta: Hela pålens utvändiga mantelyta som är i kontakt med omgivande jord.

Jordmiljö: Den jordmiljö som råder på pålningsplatsen.

Korrosionsprodukter: Dessa kommer sannolikt att utgöras av magnetit (Fe_3O_4) oavsett jordmiljö.

Korrosionsförlopp - prognos: Korrosionsförloppet är beroende av jordlagerföljden. Se även avsnitt 3.1 "Kunskapsläget".

Typ av korrosionsangrepp: Den dominerande typen av angrepp kommer att vara allmän (jämn) korrosion. I vissa jordar kan lokala angrepp uppkomma på påldelar belägna ovan grundvattenytan.

Korrosionens storlek: Här kan dimensionerande värden på korrosionen på stålplåtar i olika jordarter enligt Tabell 7.52 och Tabell 7.6 i Pålkommisionens Rapport 98 tillämpas. Korrosionens storlek är alltså beroende av den jordlagerföljd och de grundvattenförhållanden, som föreligger på den aktuella pålningsplatsen. Se Pålkommisionens Rapport 93 och 98 (ref. 1 och 2).

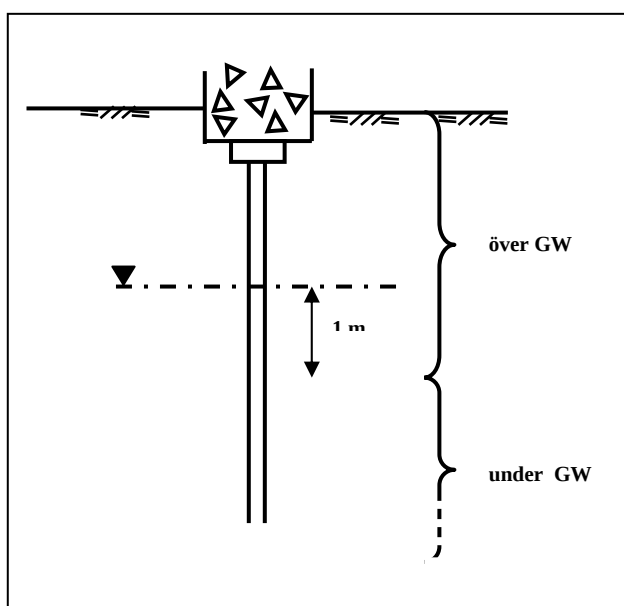
Bedömd storlek på avfrätning efter 100 år: Dimensionerande värden på korrosionen på stålplåtar i jord, uttryckt i mm/100 år, är sammanställda i Tabell 1. Se även Tabell 7.52 och Tabell 7.6 i Pålkommssionens Rapport 98 (ref. 2).

Tabell 1. Underlag för dimensionering av rostmån (korrosionstillägg) på stålpålar och stålspons i svenska jordar enligt Pålkommisionens Rapport 98 (ref. 2). Observera att Rapport 98 även innehåller kompletterande information om olika komplexitetsgrader vid dimensionering av rostmånen på pålar.

Jordart	Dimensionerande värde Medelavfrätning	
	mm /100 år	
	över GW	under GW ¹⁾
Sand, grus, sandiga/grusiga moräner	2	2
Lera, silt, leriga/siltiga moräner	3	2
Gyttig lera/silt, gyttja, torv, dy	4	3
Strandnära jordar på Västkusten (starkt salthaltigt grundvatten)	5	3
Okontrollerad fyllning (naturlig jord)	4	3
Sprängsten, grovt grus, grov kross etc. i vatten	behandlas som påle i vatten	behandlas som påle i vatten

GW = grundvattenyta (se figur nedan)

1) Under GW = 1 m under lägsta grundvattenyta och därunder. Se vidstående figur.



4.3.2 Pålen invändigt

Korrosionspåverkad stålyta: Hela pålens insida, inklusive insidan av skarvhylsor, som kommer i kontakt med inträngande grundvatten och fuktig luft

Stålrörspålar är inte helt täta. Man måste därför förutsätta att grundvatten kan tränga in vid skarvhylsor och bergskor och fylla pålen helt eller delvis med grundvatten. Den invändiga oskyddade stålytan kommer då att korrodera. Korrosionen kommer att ske både under vattenytan genom "vattenkorrosion" och, i förekommande fall, över vattenytan genom "atmosfärisk korrosion". Förhållandena i pålen är dock i hög grad stagnanta, varför korrosionens storlek blir mindre än utvändigt. Storleken kommer att bestämmas av mängden tillgängligt syre inne i stålrörspålen. Syre finns dels i form av fritt syre i luftpelaren över vattenpelaren dels i form av syre som är löst i det inkommande grundvattnet. Vattenpelaren inne i pålen kan variera upp och ned med tiden i takt med de årstidsberoende grundvattenfluktuationerna utanför pålen, varvid nytt, mer syresatt grundvatten tillförs insidan. Viss mängd luft kan också tränga in genom porerna i överliggande fundament när vattennivån i röret varierar.

Korrosionsmiljö: Grundvatten, som föreligger på pålningsplatsen och som har trängt in genom otätheter hos pålen samt fuktig (vattenmättad) luft över det inträngda grundvattnet.

Korrosionsprodukter: Dessa kommer sannolikt att utgöras av magnetit (Fe_3O_4) under vattenlinjen hos det stagnanta vattnet. Över vattenlinjen kommer en mer syrerik korrosionsprodukt att bildas, "rödrost" (FeOOH)

Korrosionsförlopp - prognos: Eftersom vattenpelarens höjd varierar med tiden och det kan tränga ned nytt luftsyre genom överliggande betongfundament kommer korrosionsförloppet att vara i stort sett det samma under pålens livstid.

Typ av korrosionsangrepp: Den dominerande typen av angrepp kommer att vara allmän (jämn) korrosion. I de fall vattenpelarens höjd inte varierar nämnvärt kan det uppkomma ett något förstärkt angrepp nära under vattenlinjen, så kallad vattenlinjekorrosion. Varierar däremot vattenpelarens höjd kommer angreppet att spridas över en större yta och därigenom få mindre betydelse.

Korrosionens storlek: Frågan om korrosionens storlek på insidan av stålrörspålar som saknar invändigt skydd har diskuterats ingående de senaste åren i Sverige och Finland.

Törnqvist (ref. 21) vid VTT i Finland har på uppdrag av Rautaruukki Oy beräknat hur stor (djup) korrosionen kommer att vara efter hundra år och därvid baserat beräkningarna på ett antal antaganden. Bland annat föreslår Törnqvist att olika värden används för den invändiga avfrätningen beroende på stålrörspålens diameter. Rautaruukki Oy har sedan låtit Vinka (ref. 22) vid dåvarande Korrosionsinstitutet kritiskt granska beräkningar och antaganden. Efter några korrigeringar av VTT:s beräkningar rekommenderar Vinka att man använder det enhetliga värdet 0,5 mm för 100 år för den invändiga avfrätningen oavsett rörpålens diameter. I en omarbetad rapport (ref. 23) accepterar Törnqvist Vinkas rekommendation. Det ska här påpekas att värdet 0,5 mm för 100 år inte ska betraktas som ett dimensionerande värde på invändig korrosion.

I Pålkommissionens rapport 98 anges två olika dimensionerande värden för den invändiga korrosionen i stålörspålar, nämligen 1,5 mm/100 år för pålar innehållande salt grundvatten och 1,0 mm/100 år för pålar innehållande sött grundvatten. Senare diskussioner och undersökningar har emellertid visat att salthalten inte bestämmer korrosionens storlek under dessa betingelser utan det är syrehalten vid stålytan som är avgörande. Här rekommenderas att man använder det enhetliga värdet 1,0 mm/100 år som ett dimensionerande värde vid bestämning av den invändiga rostmåns storlek i stålörspålar som är oskyddade mot invändig korrosion. Detta värde ger också en ökad säkerhet mot en eventuellt förstärkt korrosion i form av "vattenlinjekorrosion" strax under ytan hos vattenpelaren i pålen.

Bedömd storlek på avfrätning efter 100 år: Som dimensionerande värde på korrosionen på stålörspålars och skarvhylsors insida, som saknar skydd, rekommenderas 1 mm/100 år.

Alternativ till dimensionering med rostmån mot invändig korrosion: Det ska påpekas att man inte behöver använda någon invändig rostmån om pålens insida är effektivt skyddad mot korrosion till exempel genom att den är fylld med cementbruk. Cementbrukets skyddsverkan består framför allt i att bruket är högalkaliskt (har högt pH-värde) vilket leder till att det utbildas ett tätt oxidskikt på stålytan vilket verkar passiverande och skyddar mot korrosionsangrepp. Därutöver försvårar bruket syrediffusion fram till stålytan vilket också verkar korrosionshämmande.

4.3.3 Skarvhylsa - utvändigt

Korrosionspåverkad stålyta: Hela skarvhylsans stålyta som är i kontakt med omgivande jord.

Jordmiljö: samma som för pålen, se 4.3.1 ovan.

Korrosionsprodukter: Samma som för själva pålen, se 4.3.1.

Korrosionsförlopp - prognos: Samma som för pålen, se 4.3.1.

Typ av korrosionsangrepp: Samma som för pålen, se 4.3.1.

Korrosionens storlek: Eftersom skarvhylsan är i metalliskt ledande kontakt med pålens mantelyta kommer skarvhylsans korrosion utvändigt att samverka med korrosionen utvändigt på pålen i övrigt. Korrosionens storlek på skarvhylsan kommer därför att bli samma som för pålen, se 4.3.1.

Bedömd storlek på avfrätning efter 100 år: Samma som för pålen utvändigt, se 4.3.1. Det vill säga som dimensionerande värden på korrosionen efter 100 år tillämpas de värden som anges i Tabell 1.

4.3.4 Bergskon

Korrosionsförhållandena för denna bergsko är de samma som för bergsko på betongpåle, se 4.2.2.

Korrosionspåverkade stålytor: samma som för bergskon på betongpåle, se 4.2.2, a) och b).

Jordmiljö: samma som för bergskon på betongpåle, se 4.2.2

Korrosionsförlopp - prognos: samma som för bergskon på betongpåle, se 4.2.

Typ av korrosionsangrepp: samma som för bergskon på betongpåle, se 4.2.2

Korrosionens storlek: samma som för bergskon på betongpåle, se 4.2.2

Bedömd storlek på avfrätning efter 100 år: samma som för bergskon på betongpåle (se 4.2.2). Det innebär att korrosionsangreppets djup efter 100 år på bergskons utvändiga stålytor, som är fritt exponerade mot omgivande friktionsjord kommer att vara 2 mm. Korrosionsangreppets djup efter 100 år på stålytorna inne i spalten mellan dubb och hylsa kommer att vara 1 mm. Dessa värden är dimensionerande värden.

5 SLUTSATSER

Det finns en god kunskap om korrosion på stålplåtar i jord som bl.a. framgår av Pålkommisionens dimensioneringsanvisningar för slagna, slanka stålplåtar (ref. 2). Tyvärr finns inte motsvarande kunskaper när det gäller beslag av stål till träbetong- och stålplåtar t.ex. skarvbeslag och bergskor.

En analys av de skarvar, som bedömts i denna rapport, visar:

- att för träplåtar kan det efter nedslagning finnas en spalt på 5-10 mm mellan plådelarna.
- att för betongplåtar kan det efter nedslagning uppstå ett glapp på 1-2 mm mellan skarvarnas bottenplattor.
- att spalterna mellan olika delar inuti betongplåtskarven kan uppgå till mellan 0,3 och 1,4 mm men utrymmet är stängt av en låsbricka och den grövre delen av låspinnen.
- att vid skarven för stålplåtar kan en spalt av storleken 0,85-1,1 mm uppstå mellan hylsan och plåten.
- att vid bergskor kan det uppstå ett glapp mellan hylsan i skon och bergdubben på storleken 2-3 mm.

Spaltens storlek och eventuell tillslutning är avgörande för korrosionens storlek liksom möjligheten för jord och syresatt vatten att tränga in i och eventuellt utbytas i spalterna.

Eftersom erfarenhetsvärden saknas måste en bedömning av korrosionens storlek baseras på dels teoretiska beräkningar dels en extrapolering av erfarenhetsvärden från plåtar i fritt vatten och jord. Den teoretiska beräkningen visar att korrosionen i de olika spalterna i skarvbeslagen skulle bli totalt mycket liten, endast 0,002-0,014 μm om man förutsätter full syremättnad i jord- vattenblandningen i spalterna från början men ingen omsättning i dessa. Om man i stället extrapolerar erfarenhetsvärden från vatten och jord enligt Bilaga 7 erhålls korrosionshastigheter på mellan 0,5 och 8 $\mu\text{m}/\text{år}$ i skarvglappen för plåtarna och 0,05-1,05 $\mu\text{m}/\text{år}$ i betongplåtens inre skarvutrymme.

Med ledning härav och med stöd av Pålkommisionens Dimensioneringsanvisningar har följande storlekar på korrosionen bedömts kunna ansättas som dimensionerande värden på olika delar av skarvbeslagen:

- på rörskarven för trä-trä plåtar och betong-träplåtar sätts dimensionerande korrosionen till 1 mm/100 år.
- på betongplåtskarvens inre slutna delar bedöms värdet för dimensionerande korrosion kunna sättas till 0,2 mm/100 år.
- på betongplåtskarvens övre och undre bottenplattor kan värdet för dimensionerande korrosion sättas till 1,0 mm/100 år.
- på bergskor i spalten mellan hylsa och bergdubb bedöms den dimensionerande korrosionen kunna bli 1 mm/100 år.
- på yttre stålytor med direkt anliggning mot jord gäller Pålkommisionens dimensioneringsanvisning.
- på insidan av hylsskarven till stålplåten kan värdet för dimensionerande korrosion sättas till 1 mm/100 år.

Ett alternativ till att dimensionera skarvbeslag och påspetsar med en viss rostmån kan vara att skydda dem genom infettning förutsatt att fettets skyddas från avnötning under påslagningen.

Ett alternativ till att dimensionera stålrörspålar och deras hylsskarvar för invändig korrosion med en rostmån kan vara att fylla hela pålen med cementbruk efter det att den har slagits ned i jorden.

6 REFERENSER

1. Camitz, G: Korrosion och korrosionsskydd av stålplålar och stålsfont i jord och vatten. Pålkommisionens Rapport 93, Statens geotekniska institut, Linköping, 1994.
2. Bengtsson, Å.& Berglars, B.& Hultsjö, S.& Romell, J: Dimensioneringsanvisningar för slagna slanka stålplålar. Pålkommisionens Rapport 98, Statens geotekniska institut, Linköping, 2000.
3. Boverkets konstruktionsregler BKR, BFS 1993:3. Boverket. Karlskrona, 1998.
4. Bro 2004. Vägverkets allmänna tekniska beskrivning för nybyggande och förbättring av broar. Vägverket, Borlänge, 2004.
5. Pålkommisionen Rapport 94: Standardplålar av betong - lastkapacitet och geoteknisk bärförmåga, Statens geotekniska institut, Linköping, 1996.
6. Vinka, T-G. Korrosion på vertikala konstruktioner av kolstål, låglegerat stål och rostfritt stål i jord. Intern FoU-rapport. Korrosionsinstitutet, Stockholm december 1996..
7. Vinka, T-G & Årebäck, M: Korrosion på stål och zink i en urban jordlagerföljd. KI Rapport 1996:9. Korrosionsinstitutet, Stockholm, 1996.
8. Norin, M & Vinka, T-G: Korrosion på kolstål och zink i fyllnadsjord i stadsmiljö. KI Rapport 2003:5. Korrosionsinstitutet, Stockholm 2003.
9. Bengtsson, P-E & Bergdahl, U & Camitz, G. & Vinka, T-G: Statens Järnvägars undersökning av korrosion på stålplålar i jord – Kompletterande utvärdering och statistisk bearbetning. (preliminärutgåva). Pålkommisionen, c/o Statens geotekniska institut. Linköping, 2002. Finns även på Pålkommisionens hemsida på Internet: www.palkommisionen.se
10. Vinka, T-G: Microbial Corrosion on Carbon Steel in Swedish Soils. European Corrosion Congress EUROCORR 2001. Sept. 30 – Oct. 4, 2001. Riva del Garda, Italy. European Federation of Corrosion.
11. Vinka, T-G., Bergdahl, U., Camitz, G., (2002) Korrosion på stålplålar i jord. Tidskriften Bygg & teknik nr.1/2002.
12. Bergdahl, U: Corrosion on hot galvanized power line pylons study of different investigation and evaluation methods. 10h Scandinavian Corrosion Congress, Korrosionsinstitutet, Stockholm, 1986.
13. Bergdahl, U: Reptålighet hos korrosionsskyddande beläggningar på stålplålar. Tidskriften Bygg & teknik. Nr. 1/2007

14. Bergdahl, U. & Tränk, R., (2005) Korrosionsskyddande beläggningar på stålplåtar i jord – Provning av reptålighet. Statens geotekniska institut. Varia 553. Linköping, 2005.
15. Vinka, T-G & Sederholm, B & Almqvist, J: Undersökning av skyddsförmågan hos organiska beläggningar på stålkonstruktioner i jord – Exponering i avjoniserat vatten och i saltlösning. KI Rapport 2003:8. Korrosionsinstitutet, Stockholm, 2002.
16. Vinka, T-G: Skyddsförmåga hos organiska beläggningar i jord - exponering i avjoniserat vatten och i saltlösning. Tidskriften Bygg & teknik nr 1/2007. sid 58 - 60, 62)
17. Camitz, G & Vinka, T-G: Soil corrosion of stainless steel pipes, vertically installed in the ground. CEOCOR Annual International Corrosion Conference. June 15-17, 2004. Dresden, Germany. (Available at: CEOCOR secretariat, c/o C.I.B.E.-Brussels Water Works. Rue aux Laines 70, B-1000 BRUSSELS, Belgium).
18. Sederholm, B & Vinka, T-G: Korrosion på metaller i försurad jord - Laboratorie- och fältförsök. KI Rapport 1989:1. Korrosionsinstitutet, Stockholm 1989.
19. Sederholm, B & Svensson, T & Vinka, T-G: Korrosion på metaller i jordar med olika surhetsgrad och vattenhalt. BFR Rapport R7:1992. Byggeforskningsrådet. Stockholm, 1992.
20. Camitz, G & Vinka, T-G: Corrosion of vertical carbon steel at the groundwater table region in soil – Laboratory investigation. CEOCOR International Conference on Corrosion and Protection of Pipes. May 9 – 11, 2007. Malaga, Spain. (available at CEOCOR home page: www.ceocor.lu)
21. Törnqvist, J: Korrosion på stålörspålar. Dimensionering utgående från empiriskt material. VTT bygg och transport, Espoo, Finland, 2004.
22. Vinka, T-G: Granskning av rapport: Korrosion på stålörspålar. Dimensionering från empiriskt material av Jouko Törnqvist. Ej officiell uppdragsrapport nr. 80 679. Korrosionsinstitutet. Stockholm, 2005-06-17.
23. Törnqvist, J & Tuhola, M: Kommentarer till Korrosionsinstitutets utlåtande daterat 17.06.2005: ”Granskning av rapport: Korrosion på stålörspålar. Dimensionering från empiriskt material av Jouko Törnqvist” samt kompromissförslag till förfarande för beaktande av korrosion, bl. a. som grund för svenskt typgodkännande. VTT bygg och transport. Memorandum 12.9.2005, Dnr 1311/20/05RTE. Espoo, Finland, 2005.

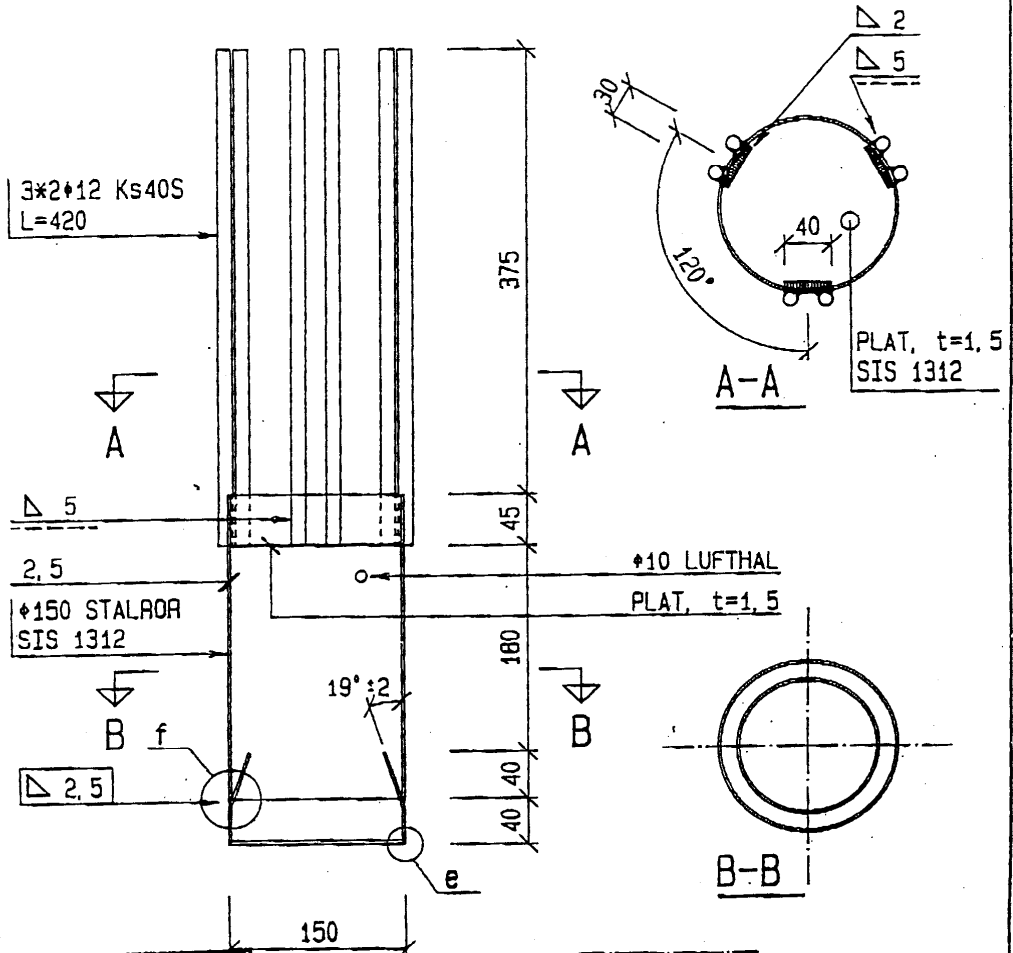
03/04/2002 12:15 +46-303-58068
+46 303 58068

GÖTEBORGS SKARV
TYP BTRT/80/150
TILLVERKNINGSRITNING

RITN. NR. 300

DATUM 9/10/25

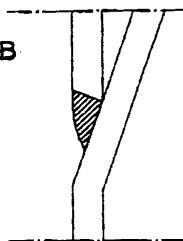
SKALA: 1:5



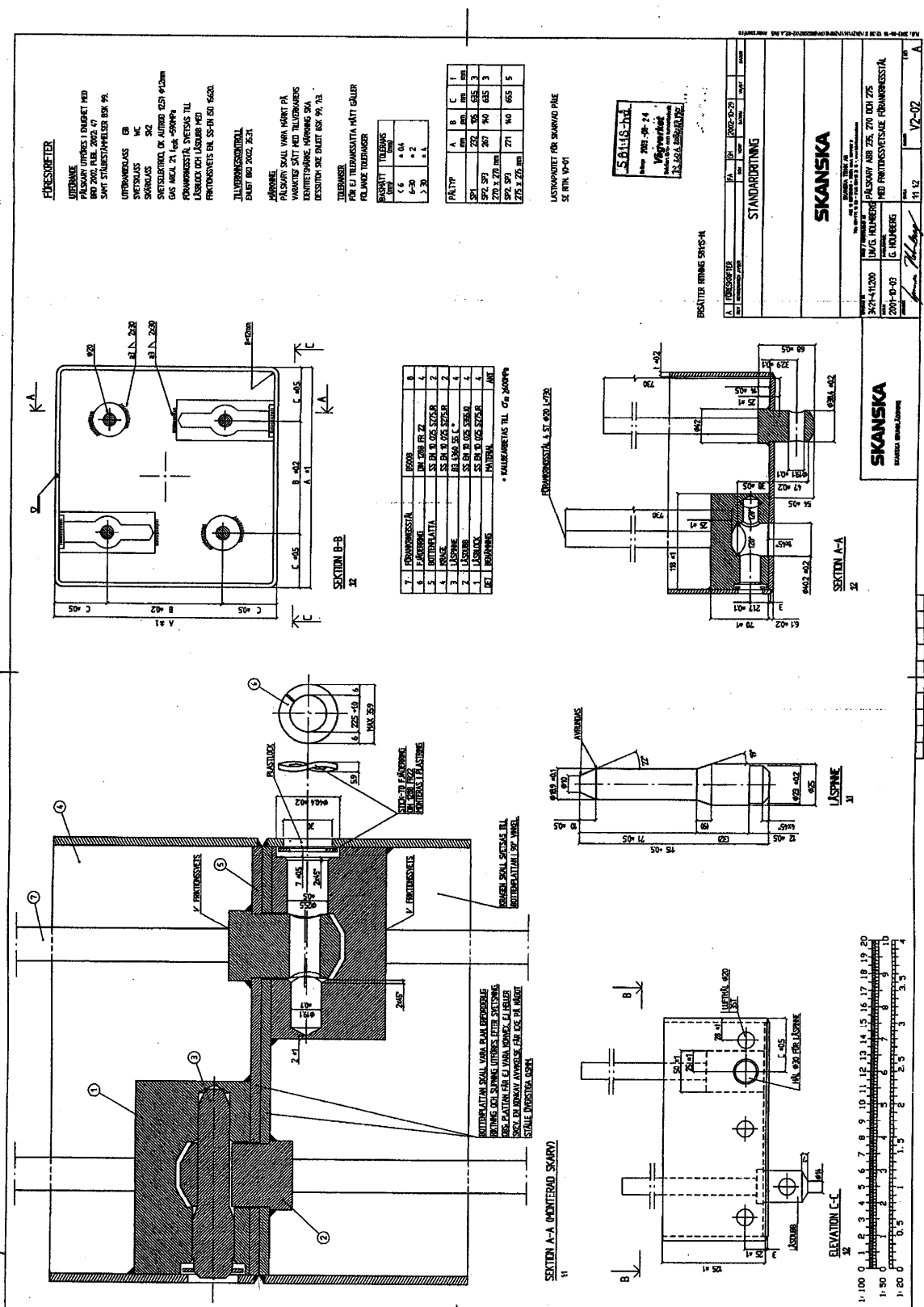
TILLHÖR BEVIS NR

1392/74

renskt Byggodkännade AB
x 534
123 KARLSKRONA



f 2:1



BILAGA 3

**Betongvaror – Bergskor av stål för fastgjutning i
kvadratiska betongpålar – Fordringar
SS 81 11 96**

Dessa standardblad är modifierade. Uppgift som modifierats är angiven med rött.
Standardbladen är återgivna med vederbörligt tillstånd. Officiellt gällande är endast senast av SIS publicerad utgåva.



SIS - Standardiseringskommissionen i Sverige

Handläggande organ

BST, BYGGSTANDARDISERINGEN

SVENSK STANDARD SS 81 11 96

Fästställe

1992-01-29

Utgåva

2

Side

1 (4)

SIS FASTSTÄLLER OCH UTGER SVENSK STANDARD SAMT SÄLJER NATIONELLA OCH INTERNATIONELLA STANDARDPUBLIKATIONER ©

Betongvaror — Bergskor av stål för fastgjutning i kvadratiska betongpålar — Fordringar

Precast concrete products — Rock shoes of steel for embedment in square concrete piles — Requirements

Innehåll

0	Orientering
1	Omfattning
2	Referenser
3	Fordringar
3.1	Hylsa
3.2	Fjädrar
3.3	Platta
3.4	Låda
3.5	Förankringsstänger
4	Beteckning

0 Orientering	Denna utgåva av SS 81 11 96 har kompletterats med bergskor för pålar med tvärmåttet 275 mm samt har uppdaterats beträffande referenserna till andra standarder. Redaktionell bearbetning i övrigt har också gjorts.										
1 Omfattning	Denna standard avser utförande av bergskor av stål för fastgjutning i kvadratiska betongpålar typ SP 1, SP 2 och SP 3 enligt SS 81 11 03.										
2 Referenser	<table> <tr> <td>SS 81 11 92</td><td>Betongvaror – Bergskodubbar för betongpålar – Fordringar.</td></tr> <tr> <td>SMS 2182</td><td>Skruvar och muttrar – Stoppskruvar med 6-kanthål och tapp. Typ T6SS. Metrisk gängor M. Grov stigning.</td></tr> <tr> <td>SS-EN 10 025</td><td>Varmvalsade formvaror av olegerat allmänt konstruktionsstål och maskinstål – Tekniska leveransbestämmelser.</td></tr> <tr> <td>SIS 21 25 13</td><td>Armeringsstång. Kamstång Ks40 och Ks40S.</td></tr> <tr> <td>SS-ISO 4035</td><td>Fästelement – Låga sexkantmuttrar (fasade) – Produktklasserna A och B.</td></tr> </table>	SS 81 11 92	Betongvaror – Bergskodubbar för betongpålar – Fordringar.	SMS 2182	Skruvar och muttrar – Stoppskruvar med 6-kanthål och tapp. Typ T6SS. Metrisk gängor M. Grov stigning.	SS-EN 10 025	Varmvalsade formvaror av olegerat allmänt konstruktionsstål och maskinstål – Tekniska leveransbestämmelser.	SIS 21 25 13	Armeringsstång. Kamstång Ks40 och Ks40S.	SS-ISO 4035	Fästelement – Låga sexkantmuttrar (fasade) – Produktklasserna A och B.
SS 81 11 92	Betongvaror – Bergskodubbar för betongpålar – Fordringar.										
SMS 2182	Skruvar och muttrar – Stoppskruvar med 6-kanthål och tapp. Typ T6SS. Metrisk gängor M. Grov stigning.										
SS-EN 10 025	Varmvalsade formvaror av olegerat allmänt konstruktionsstål och maskinstål – Tekniska leveransbestämmelser.										
SIS 21 25 13	Armeringsstång. Kamstång Ks40 och Ks40S.										
SS-ISO 4035	Fästelement – Låga sexkantmuttrar (fasade) – Produktklasserna A och B.										

UDK 624.155:691.71

Standarder kan beställas hos SIS som även lämnar allmänna upplysningar om svensk och utländsk standard.
Postadress: SIS, Box 3295, 103 66 STOCKHOLM
Telefon: 08 - 613 52 00. Telefax: 08 - 11 70 35

Upplysningar om sakinnehållet i standarden lämnas av BST.
Telefon: 08 - 23 72 50. Telefax: 08 - 20 89 93.

Prisgrupp G

Tryckt i mars 1992

3 Fordringar

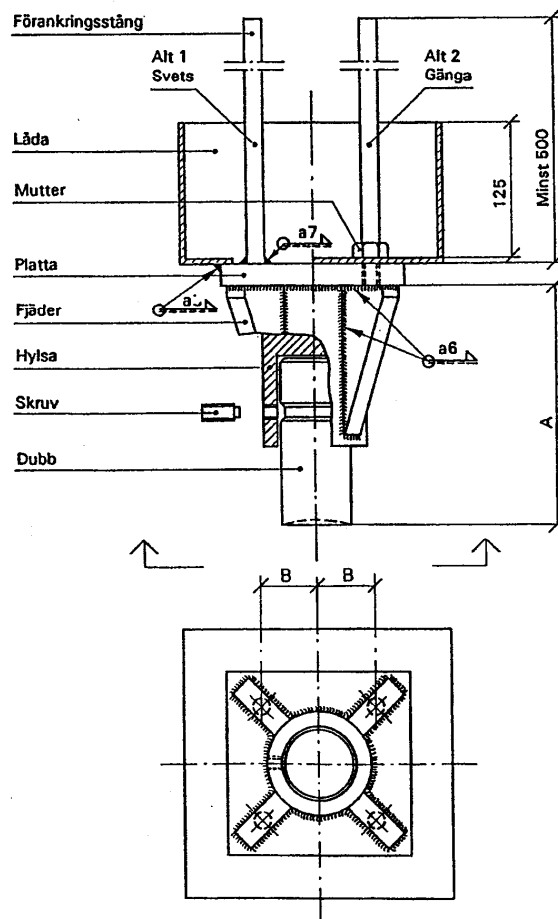
Bergskornas utförande framgår av figur 1. De tillverkas enligt Bestämmelser för stålkonstruktioner BSK.

En bergsko har följande delar:

- Dubb enligt SS 81 11 92
- Hylsa enligt avsnitt 3.1
- Skruv SMS 2182 T6SS 12 x 20
- Fyra fjädrar enligt avsnitt 3.2
- Platta enligt avsnitt 3.3
- Låda enligt avsnitt 3.4
- Fyra förankringsstänger enligt avsnitt 3.5

För ej toleranssatta mått gäller följande toleranser:

Basmått mm	Tolerans mm
< 6	±0,4
6–30	±2
> 30	±4



Figur 1 — Bergsko, sammanställning

Tabell 1 — Mått i mm

Påltvärmått	A	B	C	D	E 0 -2	F +1 0	G +2,5	H
235 270 och 275	212 247	50 62	142 177	132 167	160 190	70 85	232 267(272) ¹⁾	50 62

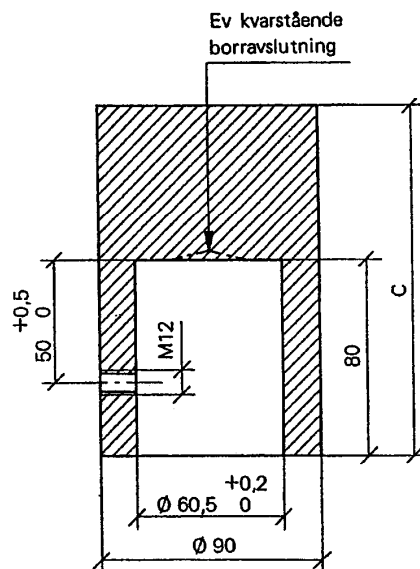
1) Mått inom parentes avser påle 275

3.1 Hylsa

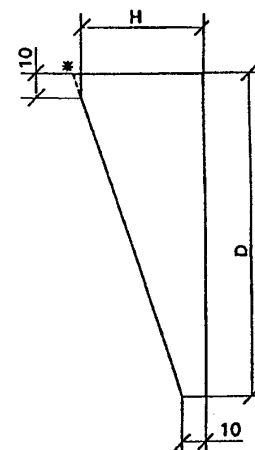
Hylsan tillverkas av stål EN 10 025 Fe 360 BFN enligt figur 2 med måttet C enligt tabell 1.

3.2 Fjädrar

Fjädrarna tillverkas av stål EN 10 025 Fe 360 BFN enligt figur 3. Tjockleken skall vara minst 20 mm och måtten D och H enligt tabell 1.



Figur 2 — Hylsa



* Alternativt utförande utan fasat hörn

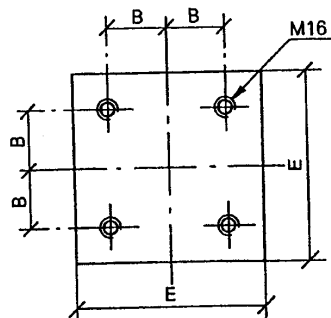
Figur 3 — Fjäder

3.3 Platta

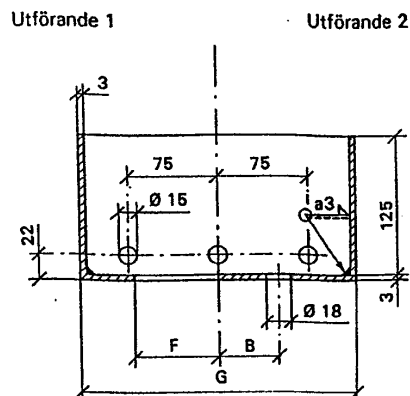
Plattan tillverkas av stål EN 10 025 Fe 360 BFN enligt figur 4. Tjockleken skall vara 20 mm och måtten B och E enligt tabell 1. Om förankringsstängerna skruvas fast förses plattan med gängade hål, M16.

3.4 Låda

Lådan tillverkas av stål EN 10 025 Fe 360 BFN enligt figur 5 med måtten B, F, och G enligt tabell 1. En vertikal kant eller två motstående vertikala kanter svetsas, de andra bockas. Botten svetsas till sidorna. Tre hål $\varnothing 15$ mm borrar i en sida. Utförande 1 används vid alternativ 1 eller 2 för förankringsstängerna och utförande 2 används vid alternativ 2.



Figur 4 — Platta



Figur 5 — Låda

3.5 Förankringsstänger

Alternativt får
armeringskvalite
K500 användas.

Förankringsstänger svetsas fast (alternativ 1) eller skruvas fast (alternativ 2).

Alternativ 1:

4 stänger $\varnothing 16$ Ks 40S enligt SS 21 25 13 med längden minst 500 mm.

Alternativ 2:

4 stänger $\varnothing 16$ Ks 40 enligt SS 21 25 13 med längden minst 500 mm och med en 35 mm lång valsgänga M16 i ena änden. 4 sexkantmuttrar ISO 4035 M16-04.

4 Beteckning

Bergsko utförd enligt denna standard betecknas enligt följande. Bergsko SS 81 11 96 – påltvärmått i mm.

Exempel: Bergsko SS 81 11 96 – 235.

BILAGA 4

Betongvaror – Bergskodubbar för betongpålar – Fordringar

SS 81 11 92

Standardpålar av betong - lastkapacitet och geoteknisk bärförmåga

41



SIS - Standardiseringskommissionen i Sverige

Handläggande organ

BST, BYGGSTANDARDISERINGEN

SVENSK STANDARD SS 81 11 92

Festställe

1992-01-29

Utgåva

2

Side

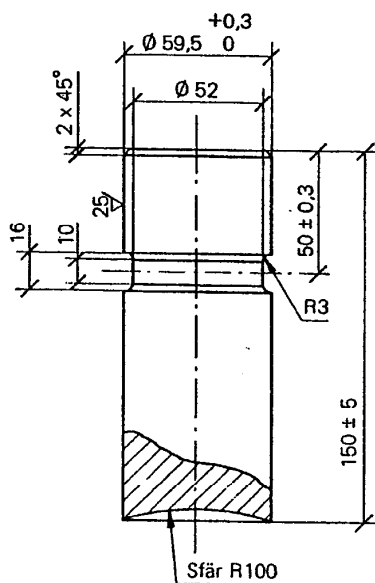
1 (1)

SIS FASTSTÄLLER OCH UTGER SVENSK STANDARD SAMT SÄLJER NATIONELLA OCH INTERNATIONELLA STANDARDPUBLIKATIONER ©

Betongvaror — Bergskodubbar för betongpålar — Fordringar

Precast concrete products — Rock shoe dowels for concrete piles — Requirements

- 0 Orientering** Endast ändringar av redaktionell art har gjorts i förhållande till förra utgåvan av denna standard.
- 1 Omfattning** Denna standard avser utförande av dubbar för bergskor till betongpålar utförda enligt SS 81 11 96.
- 2 Referenser** SS 14 20 90 Fjäderstål — SS-stål 2090.
- 3 Fordringar** Dubben utförs enligt nedanstående figur. Den tillverkas av stål närmast motsvarande SS 14 20 90 men med högre kromhalt. Den skalsvarvas och hårdas enligt anvisningar från stålleverantören till 520 – 640 HV (50 – 57 HRC).



- 4 Beteckning** Dubb utförd enligt denna standard betecknas "dubb SS 81 11 92".
- 5 Märkning** Dubben förses med stålleverantörens och hårdverkstadens märken.

UDK 691.71:624.154

Standarder kan beställas hos SIS som även lämnar allmänna upplysningar om svensk och utländsk standard.
Postadress: SIS, Box 3295, 103 66 STOCKHOLM
Telefon: 08 - 613 52 00. Telefax: 08 - 11 70 35

Upplysningar om sakinhållet i standarden lämnas av BST.
Telefon: 08 - 23 72 50. Telefax: 08 - 20 89 93.

Prisgrupp D

Tryckt i mars 1992

Stalcenter i väst	SKALK STÄLRÖRSÄLE TYPRITNING
Fridtendav 4 431 7000000000 741 0332 44 59 30	SKALA ANGIWE
2000-12-18	1420636
2000-12-18	MC-1

Korrosion i spalter på nedslagna pålar i jord

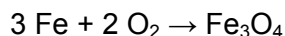
Frågeställningen som behandlas är hur stor blir korrosionen inne i en spalt fylld med luftmättat jordvatten innan korrosion avstannar på grund av allt syre förbrukats av korrosion.

Beräkningar är utförda för följande fall med olika typer av spalter:

- Skarv i betongpåle. Volym mellan skarvplattor $54 - 73 \text{ cm}^3$ beroende av påltyp och 1 mm glapp i skarven. Stålyta $1076 - 1468 \text{ cm}^2$ per skarv.
- Skarv i betongpåle. Volym mellan skarvplattor $161 - 219 \text{ cm}^3$ beroende av påltyp och 3 mm glapp i skarven. Stålyta $1076 - 1468 \text{ cm}^2$ per skarv.
- Skarv i betongpåle. Volym runt en låspinne $4,8 \text{ cm}^3$ (sammanlagd volym för fyra låspinnar $19,2 \text{ cm}^3$) och stålyta 170 cm^2 per låspinne.
- Skarv i betongpåle. Volym mellan låsdubb och låsblock $4,4 \text{ cm}^3$ för en låsdubb (sammanlagd volym för fyra låsdubbar $17,6 \text{ cm}^3$) och stålyta 32 cm^2 per låsdubb.
- Spalt i bergsko. Volym 23 cm^3 runt bergdubb i hylsa vid sned spalt $0 - 3 \text{ mm}$ och stålyta inuti hylsan för dubben 32 cm^2 .

Beräkningarna avser den maximala jämna korrosion av kolstål som syreinnehållet i spalten med luftmättat jordvatten ger upphov till. Efter det att allt syre förbrukats kommer korrosionen i spalten att praktiskt taget avstanna.

Vid korrosion av kolstål eller låglegerat stål kommer järn (Fe) att lösas ut och magnetit (Fe_3O_4) att bildas som korrosionsprodukt. Vid korrosionsprocessen kommer syrgas (O_2) att förbrukas i korrosionsprocessen enligt summaformeln:



Förutsättningar för beräkningarna:

1. Jordvattnet i spalten är luftmättat och innehåller $10 \text{ mg O}_2/\ell$ jordvatten.
2. Korrosionen sker som jämn korrosion med korrosionsangrepp över hela stålytan.
3. Hela katodprocessen utgörs av syrgasreduktion.
4. Magnetit Fe_3O_4 bildas som korrosionsprodukt på stålytan.

Den maximala jämna avfrätningen i enheten μm av kolstålet visas i **Tabell 1** för de olika beräkningsfallen.

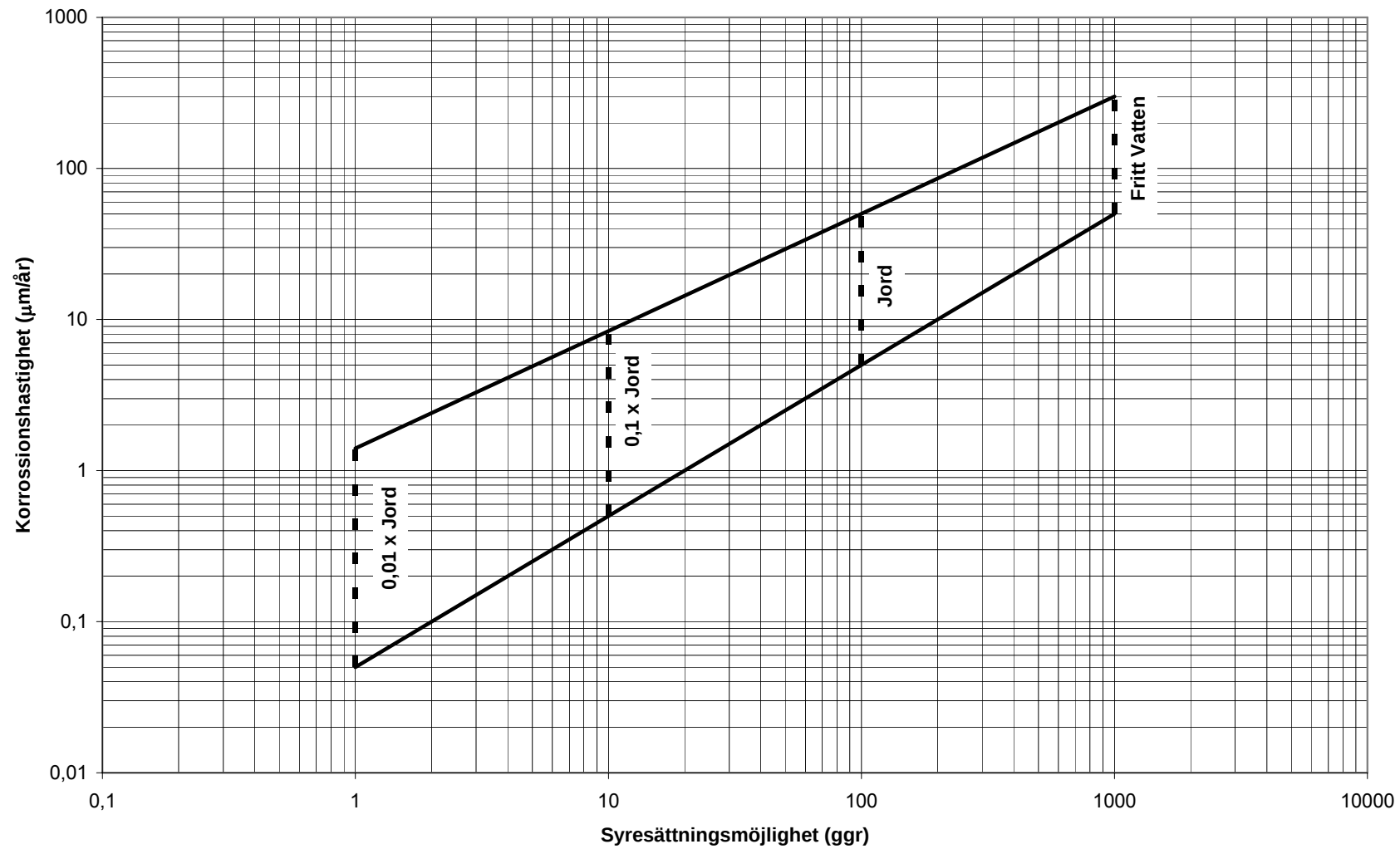
Den jämna avfrätningen blir ytterst liten beroende på att vätskevolymen är mycket liten och att stålytan är stor i förhållande till vätskevolmen.

Tabell 1 Korrosion av kolstål i spalt fylld med luftmättat jordvatten. Beräkning av maximal jämn avfrätning av stålytan till följd av syreinnehållet i jordvattnet i spalten.

Typ av spalt	Volym jordvatten cm ³	Area stålyta cm ²	Avfrätning µm
Skarv i betongpåle Spalt mellan skarvplattor 1 mm glapp i skarven	54	1076	0,003
		1468	0,002
	73	1076	0,005
		1468	0,003
Skarv i betongpåle Spalt mellan skarvplattor 3 mm glapp i skarven	161	1076	0,010
		1468	0,007
	219	1076	0,014
		1468	0,010
Skarv i betongpåle Spalt runt låspinne	4,8	170	0,002
Skarv i betongpåle Spalt mellan låsdubb och låsblock	4,4	32	0,009
Bergsko Spalt runt bergdubb i hylsa vid sned spalt	23	302	0,005

Korrosions- och Metallforskningsinstitutet AB, Stockholm 2007-05-03

Tor-Gunnar Vinka



Korrosionshastighet i $\mu\text{m/år}$ som funktion av syresättningsmöjligheten i antal ggr i förhållande till fritt vatten och jord.

Påkänningar på berg och bergdubb - dimesionerande excentricitet

1 inledning

I denna rapport studeras tryckspänningarna i snittet mellan bergdubb och berg under stoppslagningen av en påle. Avsikten med studien är att undersöka möjligheten att kunna minska dimensionerande excentricitet vid dimensionering av bergskor från dagens praxis på 25% av dubbens diameter. Pålkommisionens meddelande 1 och 15 har utgjort grunden för studien. Pålmeddelande nr 1 visar att bergdubben tränger in i berget under inmejsling och stoppslagning och i pålmeddelande nr 15 redovisas uppgifter om bergets hållfasthet för statisk belastning och upprepad på- och avlastning, uppgifter som används i rapporten.

2 Stoppslagning mot berg

I Pålkommisionens meddelande nr 1 redovisas försök med slagprovning av pålar med bergskor. Försöken visar att bergskor försedda med dubbar utformade enligt svensk standard SS 81 11 92 tränger in i ett kristallint berg under normal inmejsling och stoppslagning. I Pålkommisionens meddelande nr 15 finns tryckhållfastheter för olika bergarter redovisade, se sid 19. Hållfastheterna för kristallint berg redovisas till 200- 250 MPa. På sidan 52 i samma rapport redovisas en brotthållfasthet för statisk belastning där bergdubben belastar en horisontell bergyta. Redovisade hållfastheter är 4-6 ggr bergets tryckhållfasthet. I avsnitt V i pålmeddelande nr 15 redovisas kompletterande försök med upprepad på och avlastningar. Försöken visar att bärförmågan avtar med högre spänningsnivåer och med antalet lastväxlingar och att det tycks finnas en utmattningsgräns på 2 ggr bergets cylinderhållfasthet (se figur 44 sid 59). Lastväxlingarna som proven utsatts för är utförda med betydligt lägre stighastigheter än de belastningarna som berget utsätts för vid påslagningen varför inmejslingen i berget går betydligt snabbare (med färre slag) vid påning än vid upprepad på- och avlastning. I pålmeddelande nr 15, figur 44, kan man utläsa att hållfastheten är ca 50% efter ca 800 lastcykler. I pålmeddelande nr 1 framgår det tydligt att berget måste krossas betydligt snabbare vid påslagning. I den fortsatta utredningen antas därför brottpåkänningen i kontaktytan mellan berg och dubb för påkänningar i samband med påslagning vara 50% av bergets hållfasthet för en statisk belastning i figur 44 på sid 59 i pålmeddelande 15. Detta motsvarar ca 3 ggr högre hållfasthet än den statiska cylinderhållfastheten, dvs 750 MPa.

I avsnitt 2.1 till 2.2 nedan redovisas studier för stoppslagning av pålar med 60 mm bergdubb, med stoppslagning för två olika stoppslagningslaster och en stoppslagningslast för en påle med 90 mm bergdubb.

Skanska Teknik
Göteborg
Handläggare
Gunnar Holmberg
Datum
2006-10-05

2.1 Bergdubb 60 mm, dimensionerande bärförmåga 1200 kN

Erforderlig karakteristisk geoteknisk bärförmåga beräknas enligt:

$$R_k = \gamma_{tot} \times R_d$$

där

R_d = dimensionerande geoteknisk bärförmåga

γ_{tot} är en totalsäkerhetsfaktor som beror av provningsfrekvensen, se Bro 2004, 32.237, γ_{tot} sätts till 1,45.

Vid stoppslagning med stötvågsmätning sätts den karakteristiska stoppslagningskraften vid spetsen för en spetsburen påle till

$$F_k = 1,20 \times R_k$$

där

R_k = karakteristisk geoteknisk bärförmåga (som pålen ska stoppslås för) och faktorn 1,20 tar hänsyn till att den dynamiska bärförmågan är högre än den statiska.

$$F_k = 1,2 \times 1,45 \times 1200 \approx 2100 \text{ kN}$$

Med excentricitet enligt dagens praxis, $e = d/4$, erhålls den effektiva anliggningsytan mellan dubb och berg:

$$A_{eff} = 1,145 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ (se bilaga 1)}$$

Under antagandet att lasten fördelas jämnt över anliggningsytan mellan dubb och berg blir påkänningarna i snittet:

$$\sigma_{(e=d/4)} = \frac{F_k}{A_{eff}} = \frac{2100 \times 10^3}{1,145 \times 10^{-3}} = 1834 \text{ MPa}$$

Då bergets tryckhållfasthet för dynamisk belastning kan antas vara 750 MPa (jfr ovan) betyder det att berget plasticeras (krossas) innan detta tryck har uppnåtts vilket innebär att pålen/dubben drivs vidare in i berget och excentriciteten minskar.

Antagandet om en jämn spänningsfördelning bygger på helt idealiserade förhållanden, bergpåkänningarna kommer att variera i anliggningen mellan dubb och berg. Detta kommer att innebära att bergpåkänningarna lokalt är ännu högre vilket innebär att berget börjar plasticera för en lägre last vilket i det här avseendet är på säkra sidan.

Skanska Teknik
Göteborg
Handläggare
Gunnar Holmberg
Datum
2006-10-05

Vid en excentricitet på dubbens diameter/10, $e=d/10$, fås en area på $A_{eff} = 2,141 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$ (se bilaga 1).

Påkänningen på berget blir då

$$\sigma_{(e=d/10)} = \frac{2100 \cdot 10^3}{2,141 \cdot 10^{-3}} = 980 \text{ MPa}$$

Påkänningen vid en centrisk belastning blir

$$\sigma_{(e=0)} = \frac{2100 \cdot 10^3}{\frac{\pi \cdot 0,0595^2}{4}} = 755 \text{ MPa}$$

Detta är lika med tryckhållfastheten för berget enligt ovan, 750 MPa, vilket innebär att lasten centreras under stoppslagningen. Med en excentricitet på $d/10$ ger påkänningar på berget som överskrider hållfastheten hos bra berg med ca 30 %.

2.2 Bergdubb 60 mm, dimensionerande bärförmåga 750 kN

Erforderlig karakteristisk geoteknisk bärförmåga beräknas enligt:

$$R_k = \gamma_{tot} \cdot R_d$$

där

R_d = dimensionerande geoteknisk bärförmåga

γ_{tot} är en totalsäkerhetsfaktor som beror av provningsfrekvensen, se Bro 2004, 32.237, γ_{tot} sätts till 1,45.

Vid stoppslagning med stötvågmätning sätts den karakteristiska stoppslagningskraften vid spetsen för en spetsburen påle till

$$F_k = 1,20 \cdot R_k$$

där

R_k = karakteristisk geoteknisk bärförmåga (som pålen ska stoppslås för) och faktorn 1,20 tar hänsyn till att den dynamiska bärförmågan är högre än den statiska.

$$F_k = 1,2 \cdot 1,45 \cdot 750 \approx 1300 \text{ kN}$$

Skanska Teknik
Göteborg
Handläggare
Gunnar Holmberg
Datum
2006-10-05

Med excentricitet enligt dagens praxis, $e = d/4$, erhålls den effektiva anliggningsytan mellan dubb och berg

$$A_{\text{eff}} = 1,145 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ (se bilaga 1)}$$

Påkänningarna i snittet mellan dubb och berg blir då:

$$\sigma_{(e=d/4)} = \frac{F_k}{A_{\text{eff}}} = \frac{1300 \cdot 10^3}{1,145 \cdot 10^{-3}} = 1135 \text{ MPa}$$

Då bergets tryckhållfasthet för dynamisk belastning kan antas vara 750 MPa (jfr ovan) betyder det att berget plasticeras (krossas) innan detta tryck har uppnåtts vilket innebär att pålen/dubben drivs vidare in i berget och excentriciteten minskar.

Vid en excentricitet på dubbens diameter genom 10 fås en area på $A_{\text{eff}} = 2,141 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$ (se bilaga 1).

Påkänningen på berget blir då

$$\sigma_{(e=d/10)} = \frac{1300 \cdot 10^3}{2,141 \cdot 10^{-3}} = 607 \text{ MPa}$$

vilket är mindre än tryckhållfastheten för berget enligt ovan, 750 MPa, varför berget ej plasticeras.

Den kraft då berget plasticeras (krossas) vid en excentricitet på dubbens diameter genom 10 fås genom

$$\sigma_{(e=d/10)} = \frac{F_d}{A_{\text{eff}}} = 750 \text{ MPa} \Rightarrow$$

$$F_d = \sigma_{(e=d/10)} \cdot A_{\text{eff}}$$

$$F_d = 750 \cdot 10^6 \cdot 2,141 \cdot 10^{-3} = 1606 \text{ kN}$$

Detta betyder att belastningen under stoppslagningen påverkar excentriciteten i anliggningsnittet mellan dubb och berg. Lågt utnyttjade pålar, i det här fallet under ca 76% av max last på dagens pålar med 60 mm dubb (1200 kN) kan erhålla en större excentricitet om de stoppslås för att uppnå erforderad geoteknisk bärförmåga än pålar som stoppslås för en högre geoteknisk bärförmåga. Rent praktisk torde det inte ha någon betydelse för lastkapaciteten då en lägre last nedför att bergskon tål en högre excentricitet utan att moment-normalkraftskapaciteten för bergskon överskrids.

2.3 Bergdubb 90 mm, dimensionerande bärförmåga 2700 kN

Erforderlig karakteristisk geoteknisk bärförmåga beräknas enligt:

$$R_k = \gamma_{tot} \times R_d$$

där

R_d = dimensionerande geoteknisk bärförmåga

γ_{tot} är en totalsäkerhetsfaktor som beror av provningsfrekvensen, se Bro 2004, 32.237, γ_{tot} sätts till 1,45.

Vid stoppslagning med stötvågmätning sätts den karakteristiska stoppslagningskraften vid spetsen för en spetsburen påle till

$$F_k = 1,20 \times R_k$$

där

R_k = karakteristisk geoteknisk bärförmåga (som pålen ska stoppslås för) och faktorn 1,20 tar hänsyn till att den dynamiska bärförmågan är högre än den statiska.

$$F_k = 1,2 \times 1,45 \times 2700 \approx 4700 \text{ kN}$$

Med excentricitet enligt dagens praxis, $e = d/4$, erhålls den effektiva anliggningsytan mellan dubb och berg

$$A_{eff} = 2,618 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ (se bilaga 2)}$$

Påkänningarna i snittet mellan dubb och berg blir då:

$$\sigma_{(e=d/4)} = \frac{F_k}{A_{eff}} = \frac{4700 \times 10^3}{2,618 \times 10^{-3}} = 1795 \text{ MPa}$$

Då bergets tryckhållfasthet för dynamisk belastning kan antas vara 750 MPa (jfr ovan) betyder det att berget plasticeras (krossas) innan detta tryck har uppnåtts vilket innebär att pålen/dubben drivs vidare in i berget och excentriciteten minskar.

Vid en excentricitet på dubbens diameter genom 10 fås en area på $A_{eff} = 4,898 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ (se bilaga 2).

Påkänningen på berget blir då

$$\sigma_{(e=d/10)} = \frac{4700 \cdot 10^3}{4,898 \cdot 10^{-3}} = 960 \text{ MPa}$$

Påkänningen vid en centrisk belastning blir

$$\sigma_{(e=0)} = \frac{4700 \cdot 10^3}{\frac{\pi \cdot 0,0895^2}{4}} = 747 \text{ MPa}$$

vilket är lika med tryckhållfastheten för berget enligt ovan, 750 MPa, vilket innebär att lasten centreras under stoppslagningen. Med en excentricitet på $d/10$ ger påkänningar på berget som överskrider hållfastheten hos bra berg med ca 30 %.

3 Slutsatser och dimensioneringskriterier

Centreringen av lasten på dubben är beroende av:

- o Att dubben får fäste i berget (inte glider)
- o Att pålen mejslas in och stoppslås med tillräckligt hög spänningsnivå i anslutningssnittet mellan dubb och berg

Under förutsättning att bergets hållfasthetsegenskaper kan antas vara desamma för belastning från 60 mm bergdubb och 90 mm bergdubb så är de ovan genomförda beräkningarna inte dimensionsberoende.

Studien visar att bergskor till en påle med 60 mm dubb (SP1, SP2 och SP3) som stoppslås till en dimensionerande bärförmåga på 1200 kN (en vanlig övre gräns för lastkapaciteten för SP2 och SP3 i dag) under stoppslagningen får lasten centrerad till dubben diameter/10. För en påle typ SP1 med en dimensionerande geoteknisk bärförmåga på 750 kN (62% av "max last") centreras inte lasten lika mycket. För att nå dubbens diameter/10 krävs en spänningsnivå på ca 76% av "max last". Detta fenomen torde inte ha någon större inverkan då det vid dessa lägre lastnivåer går att räkna hem lastkapaciteten med excentriciteten dubbens diameter/4. De lägre lastnivåerna kommer inte att vara dimensionerande. Under innejslingsskedet däremot är excentriciteten betydligt större, när berget först når berget kan hela lasten ligga längst ut på periferin på ena sidan av dubben vilket innebär att excentriciteten kan vara $d/2$. För att minimera bortslagning av pålar är det därför av stor vikt att innejslingen i berg utförs med begränsad fallhöjd, se t.ex Pålkommisionens rapport 94.

Skanska Teknik
Göteborg
Handläggare
Gunnar Holmberg
Datum
2006-10-05

Studien har genomförts för ett kristallint berg med en antagen dynamisk hållfasthet på 750 MPa. Om den dynamiska hållfastheten skulle vara lägre centreras lasten mer vilket ger mindre excentriciteter och kraven på dubbens hållfasthet och hårdhet skulle kunna sänkas. Om den dynamiska hållfastheten skulle vara högre än 750 MPa blir effekten den motsatta, excentriciteten skulle bli något större och kraven på dubbmaterialet skulle behöva ökas. Studien i Pålmeddelande nr 1 tyder dock på att dynamiska hållfastheten inte är så hög som antagits för snabb kortvarig dynamisk belastning som uppstår vid påslagning.

Följande kriterier för bestämning av dimensionerande excentricitet kan ställas upp.

1. Bergets hållfasthet ska beaktas. Om bergets hållfasthet inte är känt skall en statisk tryckhållfasthet på kristallint berg på 250 MPa förutsättas.
2. Dynamisk hållfasthet för stoppslagningen ska förutsättas vara minst 3 gånger bergets tryckhållfasthet.
3. Dubben hållfasthetsegenskaper ska medge att stoppslagningen kan utföras utan att sträckgränsen i dubben överskrids.
4. En låg karakteristisk stoppslagningslast innebär en större möjlig excentricitet. Detta innebär att totalsäkerhefaktorn γ_{tot} ska väljas till det lägsta värdet enligt Bro 2004, 32.237 vid beräkning av excentriciteten, dvs 1,45.
5. Dubben skall utformas enligt SS 811196 till form och hållfasthet för att förutsättningarna för denna rapport ska gälla. Om dubbens hårdhet och utformning av egg inte är utförd enligt standarden gäller inte förutsättningen att dubben går att mejsla in i berget och då säkerställs inte heller att lasten centreras under stoppslagningen. Dubbens hållfasthet kan vara lägre än i standarden utan att centrerings påverkas. Minsta erforderliga hållfasthet ges av att berget med en viss säkerhet måste plasticeras innan sträckgränsen i stålet uppnås.

Resultatet från studien visar att det är möjligt använda en mindre excentricitet vid dimensionering av bergskor än den excentriciteten på $d/4$ som används i dag. Bergskor till slagna pålar föreslås dimensioneras för en excentricitet på $d/10$. En uppgift som bör redovisas tillsammans med lastkapaciteten är erforderlig stoppslagningslast.

De nya dimensioneringskriterierna föreslås gälla för dimensioner på bergdubbar på 30-120 mm med sträckgräns över 800 MPa och med hårdhet och utformning av egg enligt SS 81 11 92.

Skanska Teknik

Göteborg

Handläggare

Gunnar Holmberg

Datum

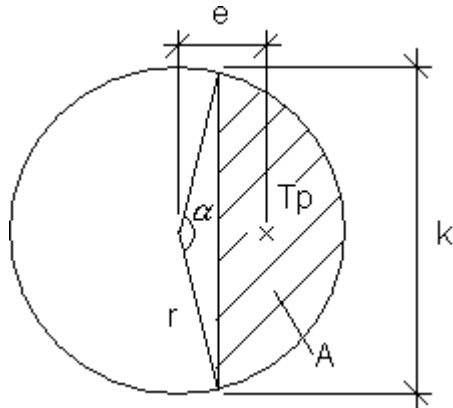
2006-10-05

Bilaga 1: Dubb med 60 mm diameter

1 Beräkningar

1.1 Anläggningsyta i snittet dubb-berg motsvarande excentriciteten $d/4$

Excentricitet $d/4 = 59,5/4 = 14,9$ mm.



$$A = \frac{\alpha}{360} \pi r^2 - r^2 \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$e = \left(\frac{\alpha}{360} \pi r^2 \frac{2}{3} \frac{rk}{s} - r^2 \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2} \frac{2}{3} r \cos \frac{\alpha}{2} \right) \frac{1}{A}$$

$$k = 2r \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$S = \frac{\alpha}{180} \pi r$$

$$r = 29,75 \text{ mm}$$

$$S = \text{båglängden}$$

$$\alpha = 164^\circ$$

$$A = \frac{164}{360} \pi r^2 - r^2 \sin 82^\circ \cos 82^\circ$$

$$A = 1,431r^2 - 0,138r^2 = 1,145 * 10^{-3} m^2$$

$$k = 2 * 29,75 * 10^{-3} * \sin 82^\circ = 58,92 * 10^{-3} m$$

$$S = \frac{164}{180} \pi 29,75 * 10^{-3} = 85,15 * 10^{-3} m$$

$$e = \left(1,431r^2 * \frac{2}{3} * \frac{r * 58,92 * 10^{-3}}{85,15 * 10^{-3}} - r^3 * 0,138 * \frac{2}{3} * \cos 82^\circ \right) \frac{1}{1,145 * 10^{-3}}$$

$$e = 14,9 * 10^{-3} m$$

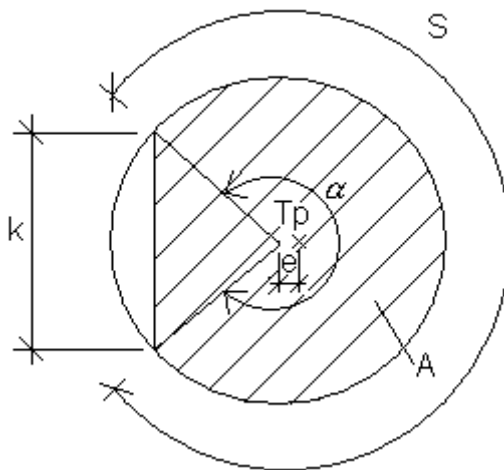
OK!

$$A_{eff} = 1,145 * 10^{-3} m^2$$

1.2 Anligningsyta i snittet dubb-berg motsvarande excentriciteten d/10

Excentricitet

$$e = \frac{d}{10} = \frac{59,5}{10} = 5,95 \text{ mm}$$



$$A = \frac{\alpha}{360} \pi r^2 - r^2 \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$e = \left(\frac{\alpha}{360} \pi r^2 \frac{2}{3} \frac{rk}{s} - r^2 \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2} \frac{2}{3} r \cos \frac{\alpha}{2} \right) \frac{1}{A}$$

$$k = 2r \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$S = \frac{\alpha}{180} \pi r$$

$$r = 29,75 \text{ mm}$$

$$S = \text{båglängden}$$

$$\alpha = 232^\circ$$

$$A = \frac{232}{360} \pi r^2 - r^2 \sin 116^\circ \cos 116^\circ$$

$$A = 2,025r^2 - (-0,394)r^2 = 2,141 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$k = 2 \cdot 29,75 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 116^\circ = 53,48 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$S = \frac{232}{180} \pi 29,75 \cdot 10^{-3} = 120,46 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$e = \left(2,025r^2 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{r \cdot 53,48 \cdot 10^{-3}}{120,46 \cdot 10^{-3}} - r^3 \cdot (-0,394) \cdot \frac{2}{3} \cdot \cos 116^\circ \right) \frac{1}{2,141 \cdot 10^{-3}}$$

$$e = 5,95 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad \text{OK!}$$

$$A_{\text{eff}} = 2,141 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Skanska Teknik

Göteborg

Handläggare

Gunnar Holmberg

Datum

2006-10-05

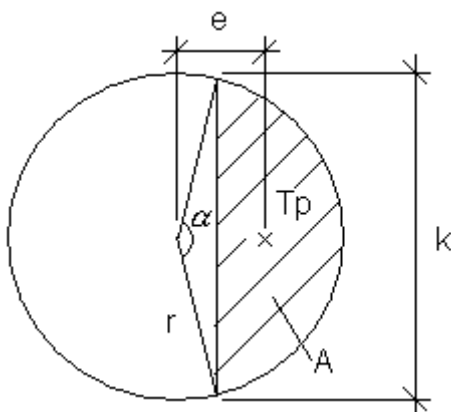
Bilaga 2: Dubb med 90 mm diameter

Skanska Teknik
Göteborg
Handläggare
Gunnar Holmberg
Datum
2006-10-05

1 Beräkningar

1.1 Anläggningsyta i snittet dubb-berg motsvarande excentriciteten $d/4$

Excentricitet $d/4 = 90/4 = 22,5$ mm.



$$A = \frac{\alpha}{360} \pi r^2 - r^2 \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$e = \left(\frac{\alpha}{360} \pi r^2 \frac{2}{3} \frac{rk}{s} - r^2 \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2} \frac{2}{3} r \cos \frac{\alpha}{2} \right) \frac{1}{A}$$

$$k = 2r \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$S = \frac{\alpha}{180} \pi r$$

$$r = 45,0 \text{ mm}$$

$$S = \text{båglängden}$$

$$\alpha = 164^\circ$$

$$A = \frac{164}{360} \pi r^2 - r^2 \sin 82^\circ \cos 82^\circ$$

$$A = 1,431r^2 - 0,138r^2 = 2,618 * 10^{-3} m^2$$

$$k = 2 * 45,0 * 10^{-3} * \sin 82^\circ = 89,12 * 10^{-3} m$$

$$S = \frac{164}{180} \pi 45,0 * 10^{-3} = 128,8 * 10^{-3} m$$

$$e = \left(1,431r^2 * \frac{2}{3} * \frac{r * 89,12 * 10^{-3}}{128,8 * 10^{-3}} - r^3 * 0,138 * \frac{2}{3} * \cos 82^\circ \right) \frac{1}{2,618 * 10^{-3}}$$

$$e = 22,5 * 10^{-3} m$$

OK!

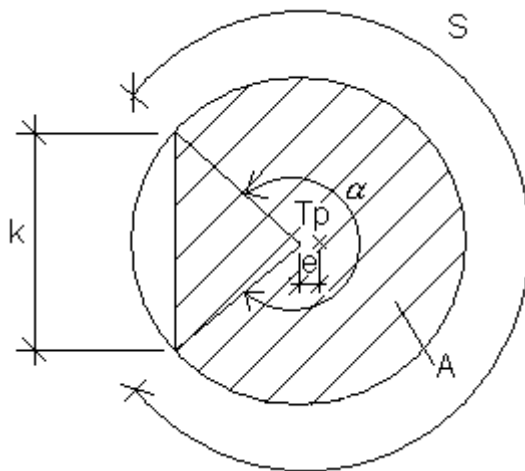
$$A_{eff} = 2,618 * 10^{-3} m^2$$

Skanska Teknik
Göteborg
Handläggare
Gunnar Holmberg
Datum
2006-10-05

1.2 Anligningsyta i snittet dubb-berg motsvarande excentriciten d/10

Excentricitet

$$e = \frac{d}{10} = \frac{90}{10} = 9,0 \text{ mm}$$



$$A = \frac{\alpha}{360} \pi r^2 - r^2 \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$e = \left(\frac{\alpha}{360} \pi r^2 \frac{2}{3} \frac{rk}{s} - r^2 \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2} \frac{2}{3} r \cos \frac{\alpha}{2} \right) \frac{1}{A}$$

$$k = 2r \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$S = \frac{\alpha}{180} \pi r$$

$$r = 45,0 \text{ mm}$$

$$S = \text{båglängden}$$

$$\alpha = 232^\circ$$

$$A = \frac{232}{360} \pi r^2 - r^2 \sin 116^\circ \cos 116^\circ$$

$$A = 2,025r^2 - (-0,394)r^2 = 4,898 * 10^{-3} m^2$$

$$k = 2 * 45,0 * 10^{-3} * \sin 116^\circ = 80,89 * 10^{-3} m$$

$$S = \frac{232}{180} \pi 45,0 * 10^{-3} = 182,21 * 10^{-3} m$$

$$e = \left(2,025r^2 * \frac{2}{3} * \frac{r * 80,89 * 10^{-3}}{182,21 * 10^{-3}} - r^3 * (-0,394) * \frac{2}{3} * \cos 116^\circ \right) \frac{1}{4,898 * 10^{-3}}$$

$$e = 9,0 * 10^{-3} m$$

OK!

$$A_{eff} = 4,898 * 10^{-3} m^2$$

Vx

Pålentreprenörföreningen
Box 22307
10422 Stockholm

Ebbe Rosell
Teknik, Bro- och tunnelteknik
ebbe.rosell@vv.se
Direkt: 0243-756 74
Mobil: 070-399 59 04

Datum: 2006-02-06

Beteckning: BY 20A 2005:25043

Ert datum:

Er beteckning:

Avsteg från krav på rostmån på bergskor och skarvar till betongpålar

Under hösten 2005 uppmärksammade vi att kraven på rostmån enligt Bro 2004 inte tillämpades för bergskor och skarvar till betongpålar. De krav som finns i Bro 2004 avser alla påldelar av stål som inte skyddas av betong. Vi har fått ett förslag från Pålentreprenörföreningen om att en snabbutredning ska startas för att se över dimensioneringsprinciperna för bergskor och skarvar i sin helhet. Vi har ställt oss positiva till en sådan utredning.

I avvaktan på resultatet av utredningen tillämpar vi nu gällande krav men lämnar avsteg från kraven i Bro 2004, 51.22 och Bro 2002, 51.22 enligt följande:

- För objekt upphandlade före den 28 februari 2006 lämnas avsteg från kraven på rostmån för skor och skarvar till betongpålar.
- För objekt upphandlade efter detta datum men före den 30 september 2006 lämnas avsteg från kraven på invändig rostmån för skarvar till betongpålar.

Med vänlig hälsning


Robert Ronnebrant

Vx

Pålentreprenörföreningen
Pålkommissionen**Avsteg från krav på rostmån på bergskor och skarvar till pålar**

Vi har tidigare med ett brev daterat 2006-03-15 lämnat avsteg från kravet på rostmån för bergskor och skarvar till pålar. Pålkommissionen har startat en utredning av dimensioneringsprinciperna för bergskor och skarvar till pålar. Eftersom utredningen är försenad förlängs avsteget enligt följande.

För objekt upphandlade före den 31 december 2006 lämnas avsteg från kraven i Bro 2004, 51.22 och Bro 2002, 51.22 på rostmån för skor och skarvar till samtliga slag av pålar.

Med vänliga hälsningar


Robert Ronnebrant

- Friktion eller adhesion mellan ytbehandlad spont och jord godtas inte.
- Ett godtyckligt förankringsstag ska förutsättas avrostat. Detta är ett olyckslastfall.
- Bakåtförankringen ska utföras så att eventuella pålar inte utsätts för permanent dragkraft.
- Förankringen ska provdras till 1,5 gånger sin dimensionerande bärformåga. Av stagen ska 25 %, dock minst tre, provdras. Påkänningen i stagen under provdragningen ska begränsas enligt BBK, avsnitt 4.4.3.
- För ytbehandlad spont godtas inte att friktionen i spontlåsen tillgodoräknas.
- Krypning i jorden och förankringsstagen ska beaktas.
- Relaxation i förankringsstagen ska beaktas.
- I ytor som ska vara vattentäta eller är synliga ska öppningar i sponten vid spontlås och liknande fyllas igen med ett material som är vattentätt, elastiskt, har god vidhäftning och är övermålningsbart.
- Korrosionsskyddet av förankringsstagen ska ha minst samma varaktighet som korrosionsskyddet på övriga delar av spontkonstruktionen.

En större omfattning av provningen anges i den tekniska beskrivningen.

31. Utformning

31.1 Miljöklassificering

31.15 Påldetaljer

För påldetaljer såsom skarvar och pålskor ska bilaga 5-2 tillämpas. Med ändring av vad som anges i bilaga 5-2 och ”Dimensioneringsanvisningar för slagna slanka stålpålar” (Pålkommisionen) får dock följande värden på dimensionerande avrostning användas:

- Ytorna i spalten mellan dubben och hylsan i bergskor – 1,0 mm.
- Ytorna i små slutna utrymmen som t.ex. i en skarv till en förtillverkad betongpåle – 0,2 mm. Under förutsättning att de i skarven ingående detaljerna fettas in i anslutning till monteringen får den dimensionerande avrostningen sättas till noll.
- Ytorna i spalten mellan skarvhalvorna i en skarv till en förtillverkad betongpåle – 1,0 mm.
- Ytorna i spalten mellan hylsan och pålelementet i en hylsskarv – 1,0 mm. För en gängad och ihopskruvad rörskarv får den dimensionerande avrostningen sättas till noll.

rande invändiga avrostningen sätts till noll under förutsättning att skarven fettas in i anslutning till monteringen.

- Ytorna i spalten mellan skarvhalvorna i en bultad skarv – 1,0 mm.
- Ytorna på ståldelar inslagna i trä vid skarvning av träpålar – 1,0 mm.

32. Verifiering genom beräkning och provning

32.2 Brottgränstillstånd

32.22 Pålgrundläggning, lastkapacitet

32.222 Vid bestämning av lastkapaciteten för en förtillverkad betongpåle ska hänsyn även tas till kraven i SS-EN 12794 varvid följande ändringar och tillägg ska tillämpas.

Hänvisningar i SS-EN 12794 ska ändras enligt nedan.

- EN 1992-1-1 ska ersättas med del 4
- EN 1997-1 ska ersättas med del 3.

Vid beräkning av betongpåles lastkapacitet godtas inte att spännarmering i pålen tillgodoräknas.

Motivet är risken för att armeringen kommer att rosta bort då pålen spruckit.

32.226 Vid dimensionering av pålskor för slagna pålar får med ändring av ”Dimensioneringsprinciper för pålar – Lastkapacitet” (Pålkommissionen), avsnitt 5.6, lastens excentricitet i anläggningen mellan berg och dubb sättas till $\phi/10$. En förutsättning för detta är att pålen stoppslås för en dimensionerande bärförmåga större än vad som motsvarar en tryckspänning på dubbens hela tvärsnittsarea lika med 300 MPa.

32.23 Pålgrundläggning, geoteknisk bärförmåga

32.231 För en mantelburen påle ska den geotekniska bärförmågan för tryckkraft bestämmas genom beräkning eller genom provning. För dynamisk provning ska kraven enligt 32.237 gälla varvid tillämpning av γ_{tot} i tabell 32-2 för berg godtas.

Exempel på beräkningsmetoder för mantelburna pålar i friktionsjord redovisas i Pålgrundläggning, 6.4.

Exempel på beräkningsmetoder för mantelburna pålar i kohesionsjord redovisas i ”Kohesionspålar” (Pålkommissionen).