

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT.
Norwegian Geotechnical Institute.

R a p p o r t.

Vurdering av korrosjonsfare
ved prosjektert kaianlegg,
Halden.

O. 772

27. mai 1959.

O S L O - BLINDERN - TLF. 69 58 80.

Efter oppdrag fra Universalbygg A/S ved ingeniør R. Knudtson, har Norges geotekniske institutt søkt, på basis av det foreliggende materialet, å vurdere faren for korrosjonsskader ved kai-anlegg i Halden, utført av 50 cm. diameter stålrør med 10 mm. veggtykkelse, fylt med betong, som fundamentering.

Det er fra Universalbyggs side hevdet at disse peler kan tåle en korrosjon på inntil 0,5 cm. allsidig uten at pelenes bæreevne derved svekkes for meget. Vi går ut fra at dette betyr at man kan tåle en så stor gjennomsnittlig tæring uten at det spiller noen vesentlig rolle om man lokalisert har større tæring, bare ikke tæringen er større enn gjennomsnittlig 0,5 cm. i noe belte rundt hele pelen. Man må anta at det til og med kan tillates lokalisert gjennomtæring av stålrøret over små flater, f.eks. av størrelsesorden i dm^2 , forutsatt at det resterende tverrsnitt av stålet i beltet ikke noensinde går ned i gjennomsnittlig 5 mm stålvegg. Dette punkt er av særlig viktighet, idet man har den såkalte "pitting-faktor", som vil si forholdet mellom maksimal tæringsdybde og gjennomsnittlig tæring over en flate av stor størrelse. Denne "pitting-faktor" vil ved normale stål variere endel og være avhengig av variasjoner i saltinnhold i vannet eller grunnvannets permeabilitet der pelene står i jord. Normalt regner man "pitting-faktorer" av størrelsesorden 3-6. Dersom ingen ytre strømkilder spiller inn, dvs. dersom man ikke har med vagaboderende strømmer å gjøre, har man derfor i alminnelighet uten større feil anledning til å regne med en "pitting-faktor" av størrelsesorden 4. Det foreligger i litteraturen et betydelig antall angivelser over korrosjon av stål og jern i sjøvann under naturlige forhold. Det viser seg at korrosjon av stål i sjøvann er sterkt temperaturavhengig. I alminnelighet öker den uorganiske korrosjon, altså den korrosjon som ikke er influert av vagabonderende strømmer, til ca. det dobbelte ved en temperaturstigning på ca. 10° , under esktemeforhold mellom 15° og 7° temperaturstigning. Ved de vanntemperaturer som er oppgitt fra Havnefogden i Halden, må man regne med sommertemperaturer i vannet opp til 21° og vintertemperaturer av størrelse 0° . De gjennomsnittlige temperaturer og de maksimale temperaturer varierer derfor i Halden ikke vesentlig fra de man har ved en rekke nord-europeiske forsøksstasjoner. Det

er funnet at den gjennomsnittlige korrosjon i Nord-Europa, Storbritannia og det nordlige Nord-Amerika varierer mellom ca. 0,08 og 0,15 mm pr. år regnet som gjennomsnitt og med en "pitting-faktor" av størrelsesorden 4, dvs. at den maksimale tæringsdybde over en flate som er liten men ikke altfor liten kan gå opp i 0,6 mm. pr. år.

Her kommer da inn hvorvidt man ved Halden har spesielle forhold. For det første dreier det seg ikke om rent havvann, men om et utpreget brakt vann, og man må regne med at det forholdsvis lette vann fra Tista ligger over et saltere, tyngre vann, selv om alt vann har lavere saltinnhold enn gjennomsnittlig havvann. Nu vil ikke korrosjonsfaren avta særlig sterkt fra friskt havvann til brakkevann. Derimot vil en variasjon i saltinnholdet med et ferskt topplag og et saltere undervann virke forsterkende på korrosjonen i et belte mellom de to vann typer. Hvis derfor "sprangskiktet" er meget skarpt, må man under slike forhold kunne forvente meget sterk korrosjon. Likeledes vil man ved ensidig strømningsretning, f.eks. ved utløpet av en elv, kunne forvente en forsterket lokalisert korrosjon. Dette siste vil neppe være tilfelle ved Tista. De angivelser som foreligger om Saugbrugsforeningens avvann med en pH-verdi på ca. 4 som blandes opp med minst ti ganger så meget vann fra Tista, skulle derfor tilsi at pH i det utstrømmende vann fra Tista var av størrelsesorden 5. Dette er en faktor som virker forsterkende på korrosjonen. Lengere ute i havnen blir dette svakt sure vann rimeligvis nøytralisert av det svakt alkaliske havvann, og man har derfor ikke grunn til å regne med noe særlig surt vann ved den planlagte kai. Dog gjør man sikrest i å regne en pH mellom 6 og 7 under ugunstige forhold. Vannanalyser gjennom et profil med pH-bestemmelser og ledningsevnebestemmelser vil være en fordel for vurdering av korrosjonsfaren. Slike analyser foreligger ikke, og man har derfor basert vurderingene på det foreliggende materiale. Under disse forhold kommer man derfor til at man må regne med at det er fare for korrosjon i et sammenhengende belte av størrelsesorden minst 0,15 mm. pr. år; antagelig vil det mest utsatte belte ligge én til et par meter under den gjennomsnittlige vannflate. Tidevannsstrømninger synes ikke å være særlig generende, idet det er oppgitt tidevannsforskjell

på 30 cm. ved normal flo og 100 ved spring tidevann. Ut fra disse angivelser finner Norges geotekniske institutt det derfor tilrådeligst å regne med at levetiden for en brokonstruksjon som ovenfor anført ikke bør settes høyere enn ca. 40 år, dersom ikke galvanisk korrosjonsbeskyttelse installeres.

I et annet tilfelle har Norges geotekniske institutt i Fredrikstad undersøkt en spuntveggkai som efter 40 år viste lokalisert gjennomtæring. Denne kai, som var bygget av over- og underliggende spuntnåler, kunne i det ugunstigste belte ca. 1,5 m. under vannstanden antas å ha vært utsatt for en slik korrosjon at innerspuntnålene bare hadde ca. 25 % av sin opprinnelige styrke igjen, mens ytterspuntnålene kunne settes til ca. 80- 90 % av den opprinnelige styrke, dvs. stort sett var spuntveggkaiens styrke nedsatt til under det halve eller ca. det halve av opprinnelig styrke.

Selv om forholdene ved Halden antagelig ikke vil være fullt så ugunstige som ved Fredrikstad, idet man ikke her i samme utstrekning har en ensveirettet strøm i vannet, synes det derfor som om man må advare mot å benytte en konstruksjon som den angitte uten at det foretas noen form for korrosjonsbeskyttelse. Derimot synes konstruksjonen å kunne gjennomføres og gis tilnærmet ubegrenset lang levetid for de deler av stålet som permanent står under vann, og i grunnen under vann, ved galvanisk korrosjonsbeskyttelse. Efter Instituttets kjennskap til forskjellige former for korrosjonsbeskyttelse finner man at dette vil være den mest rasjonelle løsning, idet hverken galvanisering, dvs. belegning med zink, eller maling vil kunne påregnes å ha nevneverdig forlengende virkning for konstruksjonen uten at det pålagte zinkbelegg blir prohibitivt dyrt. Først når man kommer opp i størrelsesorden 10 kg. zink pr. m², kan man nemlig regne med at man forlenger levetiden vesentlig ut over en 10-årsperiode. Angående malings levetid, så er denne avhengig av forbehandling. Ved Norges geotekniske institutt har vi undersøkt tynne asfaltbeleggs varighet og har funnet at disse later meget tilbake å ønske. Derimot har vi nu tallrike erfaringer for at galvanisk beskyttelse ved hjelp av påtrykt likespenning fra en ytre likeretter vil være en 100 % pålitelig korrosjonsbeskyttelse i den tid anlegget er i virksomhet, såfremt ingen brudd i kabler eller andre deler inntreffer. Prinsippet for en slik korrosjonsbeskyttelse er at

man gir stålet et så negativt potensial at de positivt ladede jernioner ikke kan forlate stålet, dvs. at man hindrer korrosjonen. I Skipsteknisk Forskningsinstitut i Trondheims meddelelse nr. 17 har siv.ing. Ole Thome-Johannessen behandlet dette punkt. Han skriver: "Undervannskroget på skip burde faktisk kunne beskyttes 100% effektivt mot korrosjon ved katodisk beskyttelse". Dette er i overensstemmelse med vår oppfatning. Vi har idag endel eksempler på opptrukne stålpeler hvor man ikke har kunnet påvise korrosjon efterat det har vært beskyttet på denne måte, mens derimot kontrollpeler som har stått like ved men ikke har vært tilknyttet korrosjonsbeskyttelsesanslegget har vært sterkt korrodert. Når det derfor gjelder stålet under laveste tidevannssone, må man både i sjøen og i grunnen under kunne regne med at et vellykket beskyttelsesanlegg vil være effektivt, uansett om vannet er surt eller alkalisk. I sonen mellom laveste og høyeste tidevannssone vil man ha en delvis beskyttelse. Denne beskyttelse er imidlertid høyere enn man skulle vente ut fra den tid stålet står under vann, idet det ved et litt overdimensjonert korrosjonsbeskyttelsesanlegg får utfelt et kalk- og magnesiumrikt belegg på ståloverflaten og at dette virker til å beskytte stålet også i den tid det ikke står i vann. For partiet over høyeste lavvannstand vil man derimot ved et galvanisk beskyttelsesanlegg ikke få noen beskyttelse mot den tæring som skyldes bølgeskvalp og kondensfuktighet. Her må maling til, dersom ikke stålet skulle antas å ha tilstrekkelig levetid over vannet.

Angående omkostningene ved et slikt beskyttelsesanlegg, så er dette avhengig av utførelsen. Ved sammenholding av europeiske og amerikanske priser på arbeidslønn og strømpriser, har vi i alminnelighet funnet at beskyttelsesanlegget amortisert kommer på ca. 5-10% av prisene på et stålpelfundament. I dette tilfellet, ved kaianlegget i Halden, vil forholdet muligens stille seg gunstigere. Vi har imidlertid ikke tilstrekkelig erfaring til å kunne gi noe prisoverslag. Vi har alt i alt ved kaikonstruksjonen å regne med ca. 2500 m² stål i jord under sjøbunnen og ca. 850 m² stål i sjøvann. Den nødvendige strömstyrke for å bringe pelene på et tilstrekkelig lavt potensial er endel variabel, mellom grenser ca. 10 mA pr. m² og ca. 100 mA pr. m². Dersom man regner med 30 mA pr. m², både i vann og i jord, skulle det derfor trenges ca. 100 A for å bringe stålet på et eget potensial.

Et likeretteranlegg på 100 A er i en størrelsesorden som leveres ferdig kommersielt, og det vil derfor være forholdsvis billig, anslagspris et par tusen kroner. Anoder og kabler, samt montasjen vil være den største utgiftspost. Man må regne med størrelsesorden 100 anoder eller muligens mere, anbragt på sjøbunnen mellom pelefundamentene og med vanntett sjøvannskabel for oppføring. Med de nuværende priser på anoder, ca. kr.150,- pr. stk. for anoder 3" diameter 60" lengde, vil anodene alene komme til å koste et steds mellom 15 og 20 000 kroner, forutsatt at det gjorte overslag er riktig. Kabler og montasje er det ikke mulig på det nuværende tidspunkt å gi noe overslag over, men man burde være sikker om man satte disse omkostninger til noenlunde det samme som anodeprisen, slik at en sum på kr. 50.000,- for det hele beskyttelsesanlegg vil gi et inntrykk av størrelsesorden for omkostningene ved en galvanisk korrosjonsbeskyttelse.

Angående forespørsel om å bruke kobberholdig stål, så mener vi at dette vil være en fordel over middelvannstanden, men neppe under. Fordelen over havvannstanden skulle dog ikke være særlig stor i dette tilfellet ved Halden, der man må kunne forutsette at pelene kan holdes vedlike ved maling. Dersom dette ikke er praktisk, vil kobberholdig stål over vannstanden være å foretrekke fremfor kobberfattig, på grunn av at korrosjonsproduktene rust og hydromagnetitt hefter bedre til kobberholdig stål enn kobberfritt og derfor gir en viss grad av beskyttelse.

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT

Laurits Bjerrum.

I. Th. Rosenqvist.

R/et