



*KAPPEHVELV. – Seks kappehvelv bærer gulvet som står på fire enkeltstående fundamenter. Disse er utrolig følsomme for bevegelser, forteller kontrollingeniør Espen Foss Johansen i Jetgrunn 2000.*

# Refundamenterer med jetpel-teknikk

I forbindelse med ombyggingen av Stasjonsbygningen til Nobels Fredssenter har prosjektgruppen v/Dr.techn Olav Olsen også måttet forholde seg til planene for utbygging av Vestbanetomten i Oslo. Det planlagte prosjektet vil helt klart få innvirkning på fundamenteringsforholdene til den gamle Stasjonsbygningen.

[anne.beth.jensen@bygg.no](mailto:anne.beth.jensen@bygg.no)



■ Vestbanebygget er fundamentert med grunnmurer av hugget naturstein. Godshallen er fundamentert på pelehoder med stål eller trepeler til fjell.

– *Hvordan er grunnforholdene?*

– Grunnen består i hovedsak av leire med mektighet fra 0 – 14 meter over fjell. Det er grunnest til fjell i syd med økende dybde mot nord. Det er gravd tre prøvesjakter innvendig i kjelleren i Vestbanebygget, samt en prøvesjakt på utsiden av Godshallen for å kartlegge fundamenteringsmetodene til Vestbanebygget, forteller Harald Rosendahl i Dr.techn. Olav Olsen.

– Prøvesjaktene viser at sydfløyen er direkte fundamentert til fjell, mens midtfløyen og nordfløyen er satt på treflåter. Grunnvannstanden ligger i dag på ca. kote + 0,27m. Flåtelaget på de innvendige fundamentene ligger på ca. kote 0. Utvendig ligger flåtene noe dypere.

– *Setningsskader er vel ikke til å unngå?*

– Vestbanebygningen har en del setningsskader, spesielt i adkomsthallen. Det er særlig søyle og bukonstruksjonene mot godshallen som har store synlige sprekker. Oppe i sagarommet har gulvet mot godshallen sunket 3-5 cm. Rissene og helningen på sagarommet viser klare tegn til at fasaden mot godshallen har sunket. I tillegg viser setningsmålinger over tid, at det pågår setninger av nordfløyen.

Da flåtelaget ligger svært nær dagens nivå på grunnvannet, vil en senking av grunnvannet med kun 30 cm få store konsekvenser for Stasjonsbygningen. Likeledes vil en byggegrep tett inntil stasjonsbygningen ha innvirkning på setningsforløpet til eksisterende bebyggelse.

Med bakgrunn i det overnevnte anbefalte prosjektgruppen v/dr.techn Olav Olsen Statsbygg å refundamenterer Stasjonsbygget.

## To refundamenteringsmetoder

Det ble vurdert to refundamenteringsmetoder i forprosjektfasen.

1. Bore ned stålpele på hver side av veggene som skulle refundamenteres. Deretter montere åk gjennom veggene som spenner fra pel til pel.
2. Benytte Jet-pel metoden. Forenklet beskrevet utføres refundamenteringen ved at betong-grout blir injisert i grunnen samtidig som eksisterende masse blir vasket og pumpet ut.

Prosjektgruppen fant fort ut at en tradisjonell refundamenteringsmetode ville by på store utfordringer.

- Den gjennomsnittlige høyden i kjelleren er ca 1,5 m, slik at arbeider med etablering av pele og tverråk ville bli vanskelig. Gråsteinsmuren var stedvis i dårlig forfatning
- En del indre bærevegger var bygget som lukkede rom i kjelleren som gjorde at adkomsten for setting av pele ville bety omfattende rivearbeider av dekke konstruksjoner.
- Fredningsvedtaket ville kunne hindre inngrepene som ville være nødvendige i bygget for å utføre refundamenteringen.
- Fremdriften av arbeidene vil bli på kritisk linje.
- Store usikkerheter med hensyn på kostnader

## Jetpel-teknikk

– Prosjektgruppen v/ Dr.techn Olav Olsen foreslo derfor at refundamenteringen burde utføres basert på jetpel-teknikk. Dette er en relativt ny og ukjent metode for refundamentering. Jetgrunn 2000 AS ved Lars Hoksrud ble derfor kontaktet. Problemstillingen ved gjennomføringen av refundamenteringen ble lagt frem og en plan for gjennomføring ble utarbeidet, forteller Rosendahl videre.

## Flere fordeler

- Minimale setninger og god in situ kontroll på eventuelle deformasjoner som måtte oppstå under refundamenteringsarbeidene slik at korrigerende tiltak kan iverksettes umiddelbart.
- Ingen vibrasjoner eller rystelser.
- Det vil ikke være nødvendig med forsterkninger av gråsteinsmurene. Alle veggene ville få direkte understøtting. Store deler av arbeidene kan utføres fra yttersiden av bygget, med unntak av de innvendige fundamentene til bygget. Utførelsen vil kreve små inngrep i konstruksjonene, og derfor være i tråd med fredningsvedtaket. Alle innvendige arbeider kan utføres fra plan 1.
- Kostnadene er noe høyere, men usikkerheten er mindre. Anvendelse av ny teknologi.

Statsbygg bestemte etter godkjent forprosjekt at refundamenteringen skulle utføres ved hjelp av Jetpel-teknikk. Det ble utarbeidet planer og snitt som viste områdene som skulle refundamenteres.



REFUNDAMENTERER. F.h. Anleggsleder Daniel Bernard, Bachy Soletance, gruppeleder bygg Harald Rosendahl, Dr.techn. Olav Olsen, kontrollingeniør Espen Foss Johansen, Jetgrunn 2000 og byggeleder Geir Barton Torsæter, T-2PAteam.

## Jetpelmetoden(e) i korthet

Produksjon av jetpeler foregår i korthet ved at man forspylter med vann under høyt trykk (vannjet) og bryter ned strukturen i jorda slik at det oppstår en kavitet (hulrom). Samtidig med denne operasjonen pumpes betong eller grout ned i dette hullrommet. Metodene kan anvendes i alle jordarter. Pelediameteren er kontrollerbar opp til 250 cm. Trykkfasthet opptil 45-50Mpa. Ved produksjon av jetpelene er den visuelle kontrollen liten før utgraving. Skal man gå inn og anvende jetpelene som permanente konstruksjonselementer er det nødvendig med et overvåkings- og kontrollsystem som gjør det mulig automatisk å holde kontinuerlig kontroll på pelenes eksakte geometri og homogenitet.

## Forutsigbar og kontrollerbar

Informasjonen en får «fra bakken» gir klare svar på hva som kjenner tegner den aktuelle situasjonen. Det vil si at målesystemet gir verdier med høy reliabilitet og validitet. Dette fører til at en kan styre, korrigere og dokumentere produksjonen. Kontrollsystemet kvalitetssikrer på den måten at produksjonen blir nøye overvåket og informasjonen blir lagret i datasystemet. Avvik fremkommer ikke i ettertid som merkelige fenomen, men blir fanget opp i sann tid. En kan derfor gjennomføre korrigerende tiltak umiddelbart. For å kunne påvise at pelene under produksjon har oppnådd god kontakt mot nabopel benyttes ultralydmåling og akustikk som registrerer energien i erosjonsstøyen. Støyenergien (styrken) vises i kurver eller som søylediagram over tid. Kurven presenteres parallelt med de andre parametere som vanntrykk, opptrekkshastighet etc. Hver pel får en grafisk fremstilling som danner grunnlag for verifisering av pelens geometri.

## Resultatet så langt

Produksjonslogger viser også god kontakt mellom pel og fundament. Foreløpig gjennomgang av produksjonsparametrene og kontrollmålinger viser at faktisk pelediameter er i henhold til prosjektert diameter. De har også en god «infiltrasjon» i hverandre. Dessuten viser setnings- og loddavvikmålinger at man ligger innenfor de strenge krav som ble satt.

Pelene langs ytterveggene blir satt fra utsiden av bygget. Det betyr at det ikke er nødvendig med inngrep i bygget for å sette disse pelene. Før pelene blir satt blir det utført sonderboring for å kartlegge dybden til fjell. Deretter blir det bestemt med hvilken vinkel de nye fundamentene skal settes.

Det er viktig at pelene blir satt slik at flatelasten fra bygget overføres via pelene til fjell uten at det påfører bygget eksentrisk belastning.

For innvendige fundamentene er det kjerneboret hull i dekket over kjeller. For søylepunktene har det vært nødvendig å sette flere pele med ekvivalent pelearbeid noe større enn gråsteinsfundamentene. Dette på grunn av svært dårlig forfatning på fundamentene og delvis for å motvirke eksentrisk belastning av bygget.

Per i dag er 85 prosent av alle fundamenter satt uten at det er registrert deformasjoner som er utover 3 mm.

– Rehabilitering av bygg pleier å by på overraskelser?

Under refundamenterings- og rehabiliteringsarbeider vil det alltid dukke opp uforutsette problemer. Det er registrert en mengde kabler/rør i grunnen som ikke finnes på tegninger som prosjektet har måttet forholde seg til. I tillegg har det dukket opp fundamenter i grunnen som ikke kan forklares. Dette medfører at prosjektgruppen stadig må inn for å vurdere ny plassering av fundamentene.

Systemet har imidlertid vist seg å være ganske fleksibelt. Ved å endre på dimensjonen av pelene kan innsettingspunktet til pelene flyttes slik at man unngår oppstruksjonene i grunnen. Størrelsen på pelene kan styres og bestemmes på forhånd. På den måten kan man få understøttet vegger som ligger vanskelig til.

På prosjektet har man i tillegg benyttet pelene som en tettespunt for en ny kjeller som skal graves ut inn til eksisterende bygg, og som blir 1 m dypere enn eksisterende kjeller, sier Harald Rosendahl avslutningsvis. ■