

Fundamentering på borede pæler

Bored piles as foundation for a small timber house

Av sivilingeniør Frode Færøyvik
Norges byggforskningsinstitutt

NORGES BYGGFORSKNINGSINSTITUTT



Fundamentering på borede pæler

Praktiske erfaringer fra et småhus

Av sivilingeniør FRODE FÆRØYVIK

Innledning

Som et ledd i Norges byggforskningsinstitutt's arbeide for rasjonalisering av småhusproduksjonen, inngår også undersøkelser av nyere fundamenteringsmetoder. Man vet at de tradisjonelle fundamenteringer er kostbare og tidkrevende, og at det finnes raskere og billigere metoder som bør kunne tillempes norsk byggegrunn og klima. Grovt kan man dele de nyere fundamenteringsmetoder opp slik:

1. Direkte på bakken.
2. Ringmur til redusert dybde m/ kryperom
3. Pæler og pilarer.

Til den siste gruppen hører *borede pæler*, eller mer korrekt: pæler i borede hull. Felles for alle metodene er at man mangler praktisk erfaring når det gjelder selve utførelsen og metodenes holdbarhet i det lange løp.

Da det skulle bygges en barnehage ved Forsknings-sentret på Blindern, bestemte man seg for å prøve en av de nyere fundamenteringsmetodene for dette bygget. Man regnet her med å få redusert byggeomkostningene, samtidig som man fikk utprøvet metoden i praksis. Av forskjellige grunner ble borede pæler valgt.

Hustypen var Moelven elementhus med T-formet grunnflate som for en tidligere barnehage i Sentret. Brutto areal var ca. 370 m² i én etasje uten kjeller.

Prosjektering

Terrenget var jevnt hellende, ca. 1:22, og grunnen besto av leire med en relativt fast tørrskorpe med tykkelse 2,5—3,5 m. For å holde hovedbjelkelagets dimensjoner nede på et rimelig nivå, måtte pælene settes nokså tett. I alt ble det ca. 60 pæler med de valgte senteravstander, *fig. 1*.

Det ble valgt relativt korte og tykke pæler for ikke å risikere å bryte gjennom tørrskorpen på enkelte steder med fare for ujevne og skadelige setninger. Lengden i bakken var 2,0 m, og diameteren var 35 cm, *fig. 2*. Den beregnede belastning pr. pæl inklusive sne og nyttelast, var ca. 3,5 t.

Prinsippet for borede pæler er å bore ut hull i bakken med etterfølgende ifylling av et bærende materiale (vanligvis betong). Man kan forsåvidt tenke seg å fylle betongen rett ned i det ferdigborede hullet uten noen form for forskaling mot jordveggen. P.gr.a. klimaet her i landet antar man imidlertid at telekrefte vil kunne løfte en slik pæl gjennom sidegrep. Særlig ved korte pæler og lett byggverk må man ta hensyn til teleløfting.

For dette bygget, hvor man antok at pappør ville være den rimeligste forskaling over bakken, var det

naturlig å forlenge disse rørene ned til frostfri dybde, 1,5 m. På denne måten får man en glatt pæleoverflate der telen vanskelig får tak. For ytterligere å hindre at pælen fryser fast til jordveggen, bør pælen få en overflatebehandling. Det ble her diskutert en rekke forskjellige løsninger, f. eks. belegg av bitumen, as-

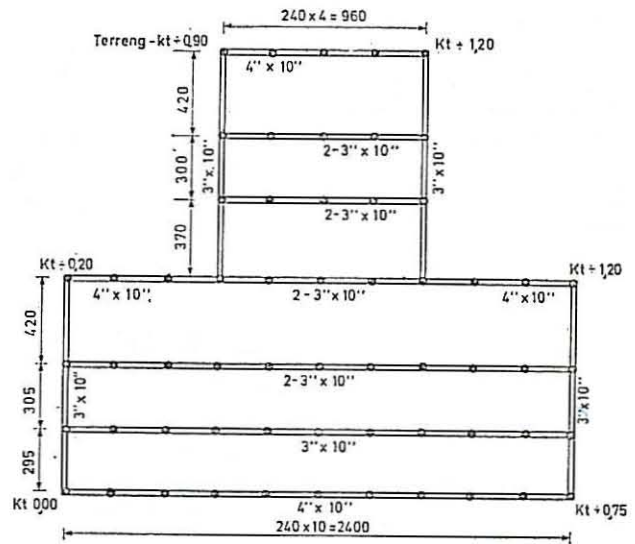


Fig. 1. Grunnplan.

faltemulsjon, olje, fett, voks eller glatt plast. For dette prosjektet valgte man å påføre pappørerne et skikt av bitumen (80—100) i min. 2 mm tykkelse, da dette er det eneste man har teoretisk bakgrunn for og noenlunde sikre erfaringer med i praksis. Grunnen til dette relativt tykke laget, er at man regner med at bitumen vil oppføre seg som en tregtflytende væske, og at eventuelle bevegelser vil foregå i selve skiktet. Valg av tykkelse er avhengig av jordtemperatur (dvs. bitumenviskositet) og telens løftehastighet, men kan i praksis standardiseres.

De nederste 50 cm av pælene støpes direkte mot jordveggen og vil gi en bedre lastoverføring og en ekstra sikkerhet mot telehiv. Bunnen av hullet måtte forlanges forsvarlig renset for bløte og løse masser p.gr.a. setningsfaren.

Det hellende terrenget medførte at høydeforskjellen mellom høyeste og laveste pæl ble ca. 1,2 m, *fig. 1*. Ønsket om å legge huset så lavt som mulig, gjorde at man valgte følgende pælelengder over bakken: maksimum 1,4 m, minimum 0,2 m og middelverdi ca. 0,8 m. Da det var fri luftpassasje under huset, gjaldt ikke bestemmelsene om minimumshøyde (60 cm) for kryperom her. (Denne vil antagelig reduseres i de nye

byggeforskriftene). Hovedbjelkelaget ble valgt utført av 10" impregneret trevirke og levert av husfabrikanten.

Når det gjaldt nedføring av vindkrefter, ville man gjerne unngå vindfagverk mellom pælene, bl. a. av estetiske grunner. Det ble bestemt at man skulle prøve å bore hullene så trange at papprørene såvidt gikk ned, slik at pælene kunne regnes som fast innspente i bakken. Da arbeidet skulle utføres i november, regnet man med at telen ville klemme jordmassene sammen rundt pælen og sikre innspenningen, før selve huset var ferdig. (Dette viste seg også senere å holde stikk, såvidt man kunne observere). Pælene ble armert for bøyepåkjenning.

Man vurderte også et alternativ med å bruke en tynne pæl med sandfylling i mellomrommet, men dette ble forkastet fordi man antok at de praktiske vanskeligheter med ifylling og komprimering av sanden ville øke kostnadene slik at metoden ikke ville være konkurransedyktig.

Under prosjekteringsfasen var det et fruktbart samarbeide mellom NBI, Norges geotekniske institutt og et grunnboringsfirma for å prøve å finne frem til den beste tekniske og økonomiske løsning.

Det ble så innhentet tilbud på utførelsen fra to firmaer med erfaring fra beslektede arbeider, og det laveste tilbud, fra Scandinavian Drill Service AS, ble valgt.

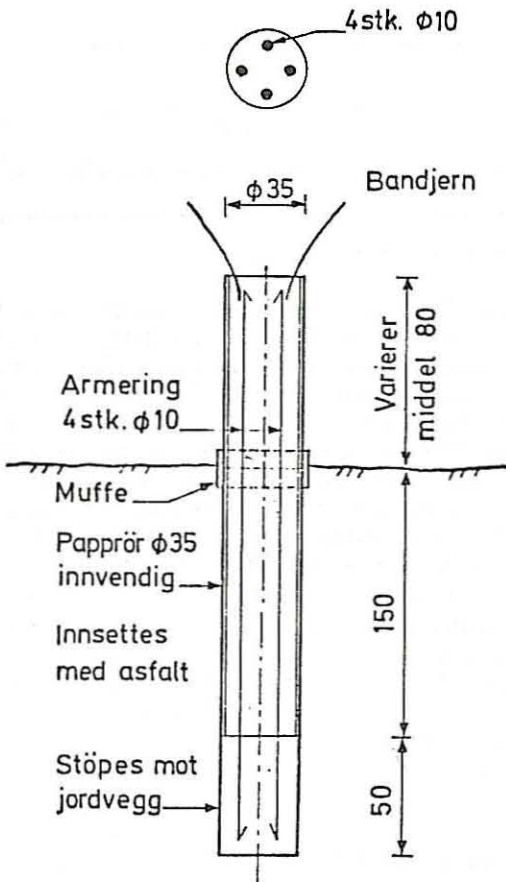


Fig. 2. Pæler.

Arbeidets utførelse

Entreprenøren, et spesialfirma for grunnboring, hadde en Muskeg snetraktor med påmontert hydraulisk grunnboringsutstyr, fig. 3. En slik snetraktor har lavt



Fig. 3. Muskeg snetraktor med borerigg. Bemerk redskap for rensk av hullbunn.

beltetrykk, som er en fordel ved dårlig grunn. Boret var en transportskrue med ca. 35 cm diameter, fig. 3 og 4.

For at maskinen ikke skulle få ventetid, var alle pæleplasingene på forhånd markert med treplugg. Skrueraksen, et hult stålrør, ble tredd nedover pluggen for å få nøyaktig ansett og for å hindre at skruen forskjøv seg før den hadde bitt seg ordentlig fast i bakken. Skruen hang i et universalledd for å sikre loddrett boring uavhengig av traktorens stilling og terrengets helling.

Jordmassen som ble «drillet» opp av hullet, ble fjernet med spade, og etterhvert som hullet ble dypere, ble hele boret trukket opp med jevne mellomrom for å få opp massen. Når hullet hadde fått den rette dybde, ble boret trukket helt opp, bunnen ble om nødvendig rensket med spesialredskap, fig. 3, og det asfalterte papprøret ble satt ned. Hullets diameter stemte her godt med rørets ytre mål, noe som var avgjørende for pæleens sidestøtte.

Asfalteringen av papprørene som ble foretatt av rørfabrikanten, ble utført ved utvendig påføring med kost. Dette kan neppe være anbefalelsesverdig. Metoden var kostbar, og det var vanskelig å få ordentlig tykkelse på asfaltlaget. Dypping eller rulling i asfalt er sannsynligvis en bedre metode, eventuelt etterfulgt av avkjøling med kaldt vann for å forhindre siging. P.gr.a. håndtering og transport bør rørene omvikles med f. eks. tynt papir.

Når et passe antall hull er ferdigboret, ble pælene armert og utstøpt. Det ble her benyttet ferdigbetong. Støpemengden ble bestemt av trommelbilens innhold. Alt i alt var betongmassene relativt små, og entreprenøren valgte trillebårtipp med løyper på bakken. Betongen under marknivå ble tippet rett i hullet. Så ble øvre papprør satt på, pæletopp avmerket ved hjelp

av nivellerkikkert og røret kappet i riktig høyde. Betongen ble her lempet opp i forskalingen med betongskuffe fra trillebåren.

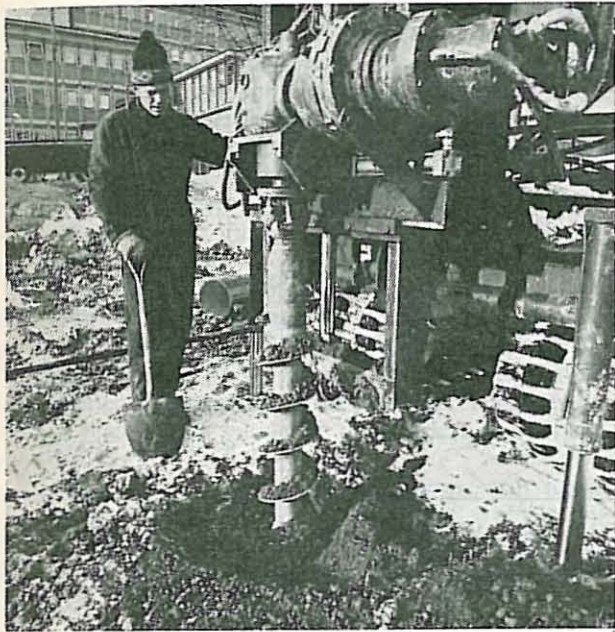


Fig. 4. Boring av hull.

Papprørene leveres normalt i standardlengder på 1,4 m (maks. 1,5 m) og skjøtes ved hjelp av skjøtemuffer. (Spirallimte rør kan fåes i større lengder). Entreprenøren valgte å lime muffen til den nederste rørlengden for å prøve å gjøre skjøten så stiv at oppstøtting av pælen ble unødvendig. Dette viste seg å være effektivt, selv om de høyeste pælene ble oppstøttet for sikkerhets skyld.

Det var ikke noe særlig problem å få pælene loddrette, og de oppgitte toleranser på pæletopp, ± 30 mm horisontalt og ± 5 mm vertikalt, gikk det også nokså greit å overholde.

For forankring av det overliggende bjelkelag ble det innstøpt galvaniserte båndstål i pæletopp.

Varigheten av arbeidet var av entreprenøren på forhånd satt til syv arbeidsdager for de 60 pælene, og det viste seg at det var lett å holde denne tiden, selv med enkelte uforutsette vanskeligheter og uhell. Det var de høyeste pælene og innkjøring av arbeidsrytmen som tok relativt lengst tid; med kortere pæler over terreng, større serier og rasjonelt opplegg skulle det være mulig å redusere tidforbruket.

Det var et tomannslag som kjørte boremaskinen, rensket hullene og satte ned de asfalterte papprørene. Trilleløyper, utstøping, avretting og isetting av båndjern ble utført av et annet tomannslag. Nivellering og diverse ble gjort i fellesskap. Det ble ikke tatt noen arbeidsstudier på byggeplassen, men denne bemanningen virket her relativt naturlig når innkjøringsproblemene var overvunnet.

Erfaringer

- Arbeidet bør planlegges godt for å unngå ventetider for maskiner og folk
- Alle plugger bør nedsettes på forhånd på grunn av boreriggens fremdrift
- Tykkelse på eventuelt asfaltlag på papprør sjekkes

- i god tid før nedsetting, for eventuell komplettering
- Alt må være klart når betongbilen kommer; asfalterte rør nedsatt i riktig høyde, armering på plass og trilleløyper fremlagt. Bunn av hull må kontrolleres og eventuelt etterrenskes for løse og bløte masser
- Vannpumpe må være tilstede ved eventuelt vanntilsig
- Øvre papprør settes på snarest for avretting og støping
- Efterkontroll av pæletopp bør foretas like etter utstøping.

Diverse

Grøfter for rørledninger bør være oppgravet og gjenfylt på forhånd, slik at gravemaskinen ikke hindres av de oppstikkende pælene og eventuelt skader disse. Grøftene må legges i god avstand fra pælene, minimumsavstand mellom grøftekant og pæl bør nok være 0,3—0,4 m. Pælene bør helst stå i urørt masse. Hvis de kommer for nær grøftekant, har boret lett for å skjære seg inn i grøften.

På dette bygget sto de ytre pælene rett under ytterveggene, fig. 5. Av estetiske grunner bør nok disse pælene trekkes litt under huset for eventuelle fremtidige prosjekter. Dette vil også redusere bjelkelagets spennvidder og dimensjoner.

Toleransekravet til pæletoppens nivå var, som tidligere nevnt, satt til ± 5 mm for alle pælene. Dette



Fig. 5. Ferdige pæler med bjelkelag.

tilsvarte elementhusfirmaets krav til topp av eventuell grunnmur. Med en senteravstand mellom pælene på 2,4 m og et delvis kontinuerlig hovedbjelkelag med en viss stivhet (her 10" trevirke), må man regne med at bjelkene ikke vil ligge like godt an på samtlige pæletopper. For å få lik belastning på alle pælene, må det skoles ordentlig under hovedbjelkene, noe det lett kan feiles mot i praksis. Det er neppe økonomisk å sette enda strengere toleransekrav til pæletoppens nivå, da man må regne med en viss oppskoling i alle fall på grunn av bjelkenes naturlige variasjoner i retthet og dimensjoner.

Post	Beskrivelse	Masse	Enh.pris	Sum
RINGMUR MED KRYPEROM				
1.	Planering av tomt (ca. 100 m ³)		R. S.	1000
2.	Graving av grunnmursgrøft (1,5 m dyp, 1,2 m bred, lengde 168 m)	300 m ³	10	3000
3.	Tilbakefylling med tilstedeværende masser (1,5 x 1,0 x 168)	250 m ³	8	2000
4.	Forskalling grunnmur (^h middel = 1,5 + 0,6 + 0,1 = 2,2 m, l = 168 m)	740 m ²	25	18 500
5.	Betong, B 250 (t = 20 cm)	74 m ³	140	10 400
6.	Armering, KS 40 (2 Øk 16 topp og bunn)	1 t	1500	1500
7.	Avretting grunnmurskrone	168 m	4	700
8.	Tilrigging, generalomkostninger, diverse		R. S.	2000
Sum eksklusive oms.avg.				39 100
BOREDE PÆLER				
1.	Boring og støping av pæler (inkl. rigg)		R. S.	15 000
2.	Hovedbjelkelag, av 10" impregnert virke		»	6600
3.	Ekstra rørledningsgrøfter		»	1500
4.	Salinger, plugges, ekstra isolasjon av rørledninger ..		»	1000
Sum eksklusive oms.avg.				24 100

Anslagsvis besparelse ca. kr. 15 000, dvs. 38,5 % av ringmurkostnadene.

Forøvrig vil NGI følge opp med nivellement av pælene for å undersøke eventuelle bevegelser som følge av setninger eller telehiv.

Økonomi

Pælearbeidets regulerte sluttsum lød på ca. kr. 15 000, eksklusive omsetningsavgift for de 60 pælene, dvs. kr. 250/pæl komplett. Selv om entreprenøren hadde enkelte vanskeligheter som skyldes den ukjente metoden, regner han prisen for å være realistisk.

Det er naturlig å sammenligne denne fundamenteringsmetoden med en tradisjonell ringmur ført ned frostfritt med kryperom under huset. Denne ble benyttet ved den forrige barnehaven og ville naturlig blitt benyttet også ved denne, hvis man ikke hadde valgt en av de nyere metoder.

For å få et riktig sammenligningsgrunnlag, må man imidlertid for pælefundamenteringen også ta med kostnadene for hovedbjelkelaget opplagt på pæletopp. Dette ble levert av elementhusfirmaet og kom på kr. 6600 montert, eksklusive omsetningsavgift, utført av trykkimpregnert trevirke.

Når det gjelder rørledninger i grunnen, måtte disse her graves særskilt, mens de for det tradisjonelle alternativet mest mulig ville legges i de allerede oppgravde grunnmursgrøftene. Kostnadene for grøfter utover det som likevel måtte graves, kan ut fra fore-

liggende tilbud settes til ca. kr. 1500, eksklusive omsetningsavgift.

Isolasjon av rørledninger mellom terreng og bjelkelag må utføres i begge alternativer. Dog er det regnet med et mindre tillegg for pælealternativet.

For ringmursarbeidene regnes det her med ca.-priser som antas å være representative for dette bygget oppført i Oslo (ikke for eventuell seriebygging). I dette skrånende terrenget må man regne med en viss planering av tomten for at ikke grunnmuren skal bli for høy (kryperom skal være minimum 60 cm over terreng). Alle jordmasser tenkes benyttet på tomten. Eventuell borttransport av jordmasser og overflatebehandling av terrenget vil komme i tillegg.

Syv arbeidsdager var rikelig tid for de borede pælene. For ringmursalternativet kan man vel anslå ca. fire uker ved normal fremdrift og tradisjonelle metoder (inklusive herding og tilbakefylling).

Kommentarer

Da denne kostnadsregningen delvis er basert på anslåtte verdier, må den selvfølgelig bare tas som en pekepinn for beløpens størrelsesorden. Når forskjellen er så stor som her, er det dog klart at alternativet med borede pæler bør tas opp til alvorlig vurdering.

Noen vil vel ha anføtelser angående det estetiske og bruksmessige ved et hus på pæler. Særlig det å ha et

åpent rom der småbarn, dyr, fugler, insekter og løv har fri adgang, kan virke negativt på mange. For dette bygget har byggekomitéen valgt å kle det åpne rommet med et lett gitter av trespiler for å hindre småbarna fra å komme innunder huset. Dette er tenkt utført på dugnad og er ikke tatt med i kostnadsregningen. Det er ingen stor post og kan vel delvis sammenlignes med den terrengbehandling en huseier må regne med ved ringsmursalternativet, og som han ofte foretar selv. Et eventuelt skjørt av Eternit, lettbetong, impregnert treverk, betongelementer, plast eller lignende, kan man tenke seg, men det har ulemper både teknisk og økonomisk.

Kostnadene for hovedbjelkelaget virker noe høye, og 10" trevirke må vel regnes som en relativt kostbar dimensjon. Dette huset var ikke spesialbygget for pæler. En elementbredde på 120 cm passer dårlig rent statisk til en pæleavstand på 240 cm. Stive veggelementer på 240 cm eller større seksjoner burde gjøre et eget hovedbjelkelag unødvendig.

Med hensyn til betongstøpingen kunne man tenke seg mer elegante løsninger enn uttrilling, f. eks. pumpe. Men med dagens utleiepriser er det vanskelig å konkurrere med trillebårtipp på mindre jobber med små masser (her ca. 16 m³).

Perspektiver

De borede pæler var egentlig tenkt som en fundamenteringsmetode for bløte og dårlige grunnforhold. Dette eksempelet viser at metoden også er konkurransedyktig for gode grunnforhold, særlig i hellende terreng.

Den er både raskere og billigere å utføre enn ringmur, og man slipper å grave opp hele tomten med de usikkerheter og ulemper dette ofte medfører. Sammenlignet med vanlig pæling er fordelene at man ikke fortrenger noen jordmasser, og at boreutstyret er stillestående og lett (gunstig ved dårlig grunn). Riggkostnadene er også lave.

Ved dårligere grunn kan man tenke seg å lage konisk utvidelse i bunnen for å senke flatetrykket. Dette vil dog kreve spesialutstyr. En annen løsning er å bruke lange pæler som føres ned til bærende lag, eller som bærer som friksjonspæler. I slike tilfelle kan asfaltering sløyfes, og muligens kan papprørene i bakken reduseres eller søyfes. Dette må dog vurderes nøye både teknisk og økonomisk i hvert enkelt tilfelle.

En forutsetning for benyttelse av borede pæler er at jordmassen er noenlunde fri for stein, og at den er borbar.

Som helhet kan man si at metoden virker lovende, selv om man ikke kan dra altfor mange konklusjoner av et enkelt prøvehus.

Et vesentlig moment bør i hvert fall presiseres, og det er at den del av dette fundamenteringsarbeidet som lå *under marknivå*, ble utført til svært lave kostnader, anslagsvis ca. kr. 9000 (kr. 150/pæl). Dette forholdet bør kunne utnyttes ved utvikling av metoden, f. eks. ved kombinasjon med andre metoder (plate på grunnen, ringmur o. l.). Borede pæler burde derfor kunne benyttes også for andre typer av bygg enn bolighus.

