

SAMVERKANSGRUNDLÄGGNING MED SPETSBURNA PÅLAR

– Utredning av teknisk och ekonomisk vinst

André Kuzminski, examensarbete i geoteknik vid Lunds tekniska högskola

Byggnadsverk såsom broar, hus och kontorskomplex står på någon typ av grundkonstruktion. Grundläggningsmetoden är normalt djupgrundläggning eller ytgrundläggning. Men det finns även en metod som är en hybrid av dessa och det är samverkansgrundläggning. Hur står sig dessa grundläggningsmetoder gentemot varandra? Vad finns det för ekonomiska fördelar eller nackdelar med respektive grundläggnings-system? Vad är de tekniska fördelarna eller nackdelarna?

Bakgrund

En grundläggningskonstruktion har den huvudsakliga uppgiften att överföra belastningar från ovanliggande byggnadsverk till de underliggande jordlagren på ett sådant sätt att grundtrycket inte blir för stort. För att undvika skador på den i regel mycket dyrare överbyggnaden är det viktigt att det läggs mycket omsorg på grundkonstruktionens utformning då det kan vara svårt att inspektera eller reparera en grundläggningskonstruktion i efterhand. Grundkonstruktionen kan designas på en rad olika sätt men till de vanligaste tillvägagångssätten hör pålning (djupgrundläggning) samt plattgrundläggning (ytgrundläggning).

Vid val av grundläggningsmetod tas hänsyn till både tekniska förutsättningar och ekonomiska faktorer. De tekniska förutsättningarna ska tillfredsställa funktionskraven för byggnaden och de ekonomiska faktorerna ska se till att grundläggningsarbetena görs till lägsta möjliga totalkostnad. Exempel på viktiga tekniska faktorer vid val av grundläggningsmetod är säkerhetsklass, geoteknisk klass, arbetsplatsens belägenhet, lasteffekter, kravet på arbetsutrymme, närhet till grannbebyggelse etc. Hänsyn ska även tas till om det finns känslig utrustning samt installationer som löper risk att skadas. Markförhållandena ska beaktas med hänsyn till bärförmåga och sättningsegenskaper. Hänsyn ska också tas till frostfritt djup och utformning av stödmurar med hänsyn till tjältryck och tjällyftning. Ändring i jordlagerföljden orsakad av förändrad grundvattennivå, erosion, planteringar eller intilliggande bebyggelse kan orsaka skadliga sättningsskillnader.

Då undergrunden består av leror eller andra kohesionsmaterial kan även konsolieringssättningar erhållas. Dessutom ska hänsyn tas till utbudet av yrkeskunig personal samt lämplig maskinutrustning. Viktigt är också att entreprenören har alternativa grundkonstruktioner i de fall avvikelser kan förväntas. Exempel på viktiga ekonomiska faktorer är total tidsåtgång, risk för avbrott och följder av eventuella sättningar både i den egna konstruktionen och i grannbebyggelsen. De totala kostnaderna påverkas av bl.a. arbetsplatsens belägenhet och tillgänglighet samt risken för extrakostnader i form av t.ex. pålkapning samt övriga arbetsförhållanden. Andra faktorer som påverkar de totala kostnaderna är kontraktbestämmelserna i de fall de avviker från gällande praxis beaktande vite, risker, försäkringar, garantier och betalningsplaner.

Vid *plattgrundläggning* är principen att undergrunden ska bära all last som förs ned från ovanliggande byggnadsverk. Vanligtvis utformas en grundplatta över en byggnads bottenyta eller som en kombinerad grundsula. En kombinerad grundsula innebär en gemensam grundsula för ett flertal bärande väggar och pelare. Bottenplattan är i regel utformad jämntjock alternativt kantavstyvad. I de fall där överbyggnaden är känslig för sättningsskillnader används i regel grundläggning med jämntjock bottenplatta. Detsamma gäller där jord- eller berglagren innehåller material med avvikande hållfasthet inneslutna t.ex. i fickor eller s.k. linser.

Då jordlagren är svaga används *pålgrundläggning* för att öka bärförmågan eller reducera sättningarna i undergrunden. Metoden innebär en överföring av vertikala och horisontella laster ner till mer bärkraftig jord eller till berg genom ett system av pålar, oftast placerade i grupper, bestående av i det närmaste vertikalt placerade långsmala konstruktions-element med tillhörande grundsulor och grundplattor. Vid djupgrundläggning utformas pålarna som spetsbärande- eller mantelbärande. Spetsbärande pålar bär upp laster på pålens spets medan mantelbärande pålar sprider lasterna över ytan, manteln. Båda påltyperna kan hantera både drag- och tryckkrafter men kan även användas för att stabilisera jordlager mot t.ex. ras och förskjutningar. Utöver förtillverkade, slagna, betongpålar används slagna träpålar och kombinationspålar, slagna pålar av stål och järn, grävda eller borrade, platsgjutna pålar av betong, stål-kärnepålar, stålörspålar mm. Mindre vanliga är Jetpålar, injekterade pålar, tryckta pålar och platsgjutna pålar som vibreras eller slås ner i marken. 75-80 % av det totala antalet pålmetrar som installeras i Sverige är slagna betongpålar. Mycket av den svenska forskningen, utvecklingen och normskrivningen inom området handlar just om betongpålar.

Vid *samverkansgrundläggning* används pålar och underliggande jordlager i samverkan för att bära lasterna från ovanförliggande byggnadsverk. Denna typ av grundläggning är framtagen främst för att minska det antal pålar som krävs. Enligt uppgift från tillverkare kan denna minskning vara upp emot 50 % i jämförelse med traditionell pålning. Utförandeprincipen är att elastiska element monteras på toppen av varje påle. Hoptryckningen av de elastiska elementen anpassas till sättningarna i jorden och på så sätt erhålls en jämn sättning över hela konstruktionen. De elastiska elementen fästs med hjälp av cementbruk och kring varje samverkanspåle gjuts en förtjockning av grovbetong som en vattentät konstruktion.

Metod

Kontroll av tillförlitligheten i modellen gjordes genom att ett idealiserat tvärsnitt modellerades i programvaran PLAXIS 2D. Där gjordes både linjära och icke-linjära beräkningar. Resultaten kontrollerades mot handräkningar

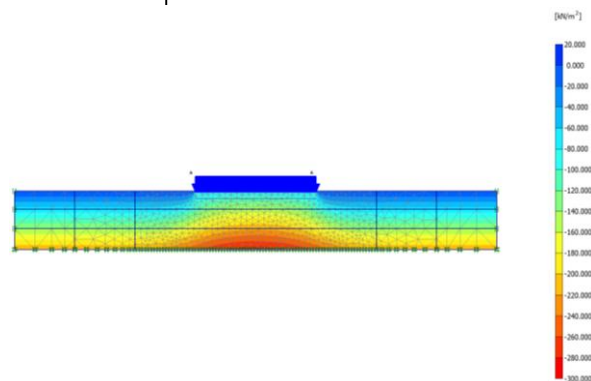
gjorda med överlagsberäkning och 2:1-metoden och en bäddmodul räknades fram. Denna användes sedan i programvarorna Strusofts Plate samt MATLAB/CALFEM, där sedan resultatet på sättning och kontaktryck jämfördes med resultatet från den elastisk-plastiska modellen (Mohr-Coulomb). Då resultaten stämde överens bra kunde beräkningarna appliceras på en fallstudie. Som referensobjekt användes ett flerfamiljshus benämnt Skonaren 3 i Malmö.

Modeller för följande studier gjordes:

- analys i bruksgränstillstånd för korttidslast, med och utan grundvatten
- analys i bruksgränstillstånd för långtidslast, med och utan grundvatten
- analys i brottgränstillstånd, med och utan grundvatten

Analyserna ovan gjordes för

- Samverkansgrundläggning
- Traditionell pålning
- Platta på mark



Figur 1. Beräknade vertikala totalspänningar.

Teknisk utvärdering

Vid den tekniska utvärderingen gjordes det en värdering av de faktorer som påverkar uppförandet av en grundläggningskonstruktion. De som i denna rapport beaktats var problemfritt genomförande, möjligheter till snabba beslut när det oförutsedda inträffar, tidsspillan, oväntade markförhållanden, metodförändringar, störningar på omgivningen, kvalitetstänk etc. När en grundkonstruktion är uppförd är det viktigt att kunna lita på att den fungerar under många år. Det är viktigt att kunna kontrollera ingående delar. Sådana indirekta faktorer kan ge kostnader som vida överstiger kostnaden för själva grundläggningsarbetena. Vid vissa

fall när en entreprenör kommer in sent i ett projekt så väljs en grundläggningsmetod som är tillförlitlig för att inte produktionen ska försenas. Nedan följer en reflektion kring de analyserade grundläggningsmetoderna samt deras fördelar och nackdelar.

Vid grundläggning med platta på mark finns en möjlighet att placera en byggnadskran på den 40 cm tjocka plattan utan att det innebär en massa extraarbete. Positivt är att slippa pålning men det tillkommer förarbete med marken och markisolering samt merarbete vid avstyvning av plattan. Å andra sidan blir det mindre förarbeten med makadam och isolering mot sulor då man kan göra marken plan. Grundläggningsmetoden är relativt snabb men ju tjockare platta desto mer arbete med vattning av ytan. Slarv och fel i konstruktionen innebär risk för fuktuppträngning som kan ge besvärliga konsekvenser. Problem med sprickor i fasad på en grannfastighet kan uppstå om den är pålad, då lasten från byggnaden kan föras över till pålarna på grannfastigheten.

Grundläggning på spetsbärande pålar innebär minskad risk för att laster förs över till en grannfastighet och grundläggningsmetoden är historiskt sett tillförlitlig. Där föreligger dock vissa risker vid "felslagning" samt att grundläggningsmetoden har en hög omgivningspåverkan i buller och vibrationer. Metoden kan ge ett stort spill om geologin varierar. Det är också svårt att avgöra huruvida en påle blivit skadad eller inte vid påslagning.

Vid samverkansgrundläggning fås mindre förarbeten med anpassning av makadam och isolering mot sulor i jämförelse med traditionell pålning. Åtgången av pålar kan halveras och det blir även mindre markarbete med makadam och isolering mot sulor än vid traditionell pålning. Det kvarstår dock frågor kring vad som händer med gummielementen efter en viss tid, då byggtekniken inte tillåter inspektion. Att det är rekommenderat att inte använda denna metod för byggnader över åtta våningsplan lämnar också en del frågor olösta.

Ekonomisk utvärdering

Tillsammans med Inköpsavdelningen på Skanska i Malmö togs kostnader fram för

pålningens arbeten, ingående material och markarbeten till den ekonomiska utvärderingen. Sammanställning av kostnaderna visade att den dyraste grundläggningsmetoden av de tre i jämförelsen är *grundläggning på spetsbärande pålar* där kostnaderna beräknades till 3916 kr/m². Kostnaderna för *Grundläggning på platta på mark* beräknades till att vara 3468 kr/m² vilket skulle vara en ren kostnadsreduktion på tolv procent jämfört med pålning på spetsbärande pålar. Motsvarande kostnader för *Samverkansgrundläggning* beräknades till 3702 kr/m², vilket skulle innebära en kostnadsreduktion på drygt fem procent i jämförelse med *grundläggning på spetsbärande pålar* och en kostnadsökning med sju procent jämfört med *grundläggning med platta på mark*.

Slutsats

Från informationen som har sammanställts i rapporten kan man dra slutsatsen att priset för de olika grundläggningskonstruktionerna till referensobjektet maximalt skiljer 20 %. Sättningar, totalspänningar och effektivspänningar framräknade med linjära beräkningsmetoder som används för dimensionering av platta stämmer bra överens med dem som har erhållits med handberäkningar och med den olinjära beräkningsmetod (Mohr-Coulomb) som använts i PLAXIS 2D. Vad som man också kan ta med sig är att det inte alltid är den beräknade kostnaden som styr valet av grundläggningsmetod utan det finns ett risktagande med mindre beprövade metoder både vid produktion samt tiden strax efter. Kostnader för att åtgärda skador som uppkommer då kan eventuellt överstiga den besparing som gjordes genom valet av en billigare men obeprövad grundläggningsmetod.

Referenser

Kuzminski. A (2015). *SAMVERKANSGRUNDLÄGGNING MED SPETSBURNA PÅLAR Utredning av teknisk och ekonomisk vinst Report TVGT-5044*
Geotechnical Engineering,
Construction Sciences
Lund University