

Samverkansgrundläggning med kohesionspålar, Polishuset i Uppsala

En projektsammanfattning

SBUF

FoU-projekt nr 11240 och 11587

Skanska

Stockholm, november 2006

Gary Axelsson & Sadek Baker

Skanska Teknik

Geoteknik & Grundläggning

Stockholm

BAKGRUND

Stora anläggningar kan ofta grundläggas på mäktiga lerlager med enbart grundplatta. Bärförmågan hos grundplattan är ofta tillräckligt stor för att klara bärigheten med god marginal. Däremot kan stora sättningar utvecklas och påverka byggnadens funktionalitet. Plattgrundläggning kan kombineras med pålning för reducera sättningarna och klara kraven. Grundläggningen blir långt ifrån optimal om pålarna ensamma dimensioneras för att ta all last och därtill med en stor säkerhetsfaktor mot brott, när deras verkliga funktion egentligen är för att reducera sättningen hos en byggnad som i övrigt klarar bärigheten.

En pålad grundplatta är en geoteknisk konstruktion bestående av tre element: pålar, grundplatta och omgivande jord. Dessa element samverkar till att bära konstruktionen. Interaktionen mellan elementen är mycket komplicerad och svår att beskriva, då den beror på en mängd faktorer såsom omgivning, utförande och design. En viktig parameter vid denna typ av samverkanskonstruktioner är kontaktrycket som uppkommer mellan mark och grundplatta. Om man vid dimensioneringen av en samverkansgrundläggning har god kännedom om storleken på kontaktrycket kan grundplattan optimeras.

Den dimensioneringsmetod som idag används i Sverige är mycket förenklad. Här förutsätts att pålarna tar all last upp till sin bärförmåga och att resterande del av lasten tas upp genom kontaktryck mellan grundplatta och jord. Problemet med detta synsätt är att kontaktrycket blir undervärderat, vilket bl a kan leda till en underdimensionering av grundplattan.

SYFTE

Syftet med detta projekt har varit att undersöka sättningsrörelser och kontaktryck i marken under det nya polishuset i Uppsala. Störst intresse har riktats mot byggnadsdelen som har tio våningar.

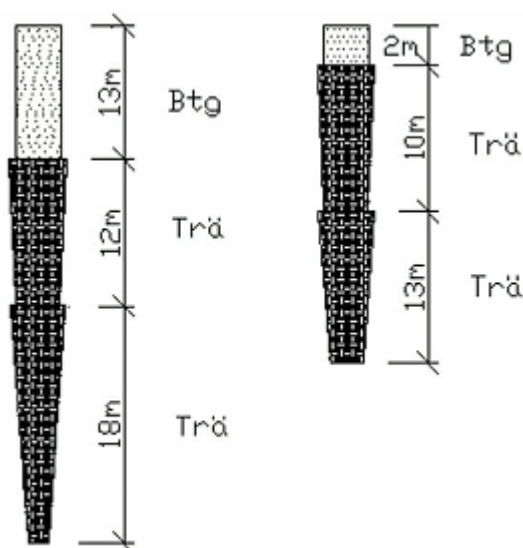
Syftet har även varit att utföra jämförelser mellan olika internationella och svenska analytiska beräkningsmodeller och numeriska modeller som finns för dimensionering av samverkansgrundläggningar med kohesionspålarna. Arbetet har tidigare redovisats fullständigt i ett examensarbete med titeln ”Samverkansgrundläggning med kohesionspålarna”. En jämförelse mellan olika beräkningsmodeller” av Henrik Svensson och Tobias Staaf. Planering, instrumentering, handledning och projektstyrning har utfört av Gary Axelsson och Sadek Baker, Skanska Teknik.

POLISHUSET I UPPSALA

Byggnaden består av flera sammanbyggda byggnadskroppar. Den högsta byggnadskroppen består av en 10 våningar hög byggnad med glasfasad, varför också sättningskraven för konstruktionen har varit relativt stränga. Den maximala differenssättningen var satt till 1:1000. För att reducera differenssättningen var målet därför att minska den totala sättningen så mycket som möjligt.

Tabell 1. Påltyper som användes vid Polishuset.

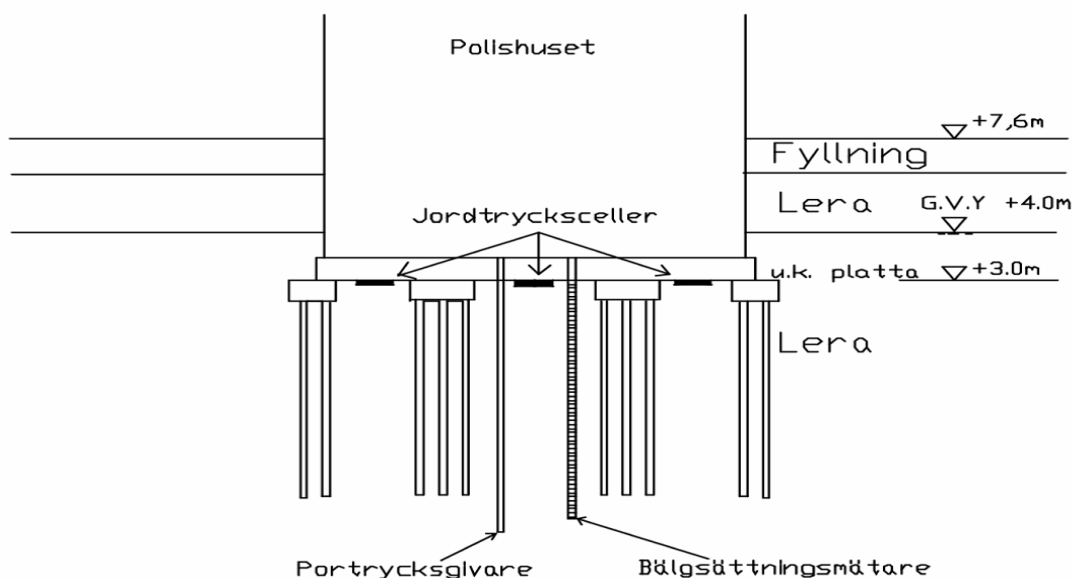
Påltyp	Betongelement	Träelement	
C	SP2, L=13 m	$\phi_{\min}=250$ mm, L=12 m	$\phi_{\min}=125$ mm, L=18 m
F	SP1, L=2 m	$\phi_{\min}=250$ mm, L=10 m	$\phi_{\min}=250$ mm, L=13 m



Figur 1. Två påltyper, typ C och typ F, som använts under polishuset i Uppsala

Grundplattan är 0,4 meter tjock och består av vattentät betong. Vidare är den armerad ϕ 12 s 150 i över och underkant. Påsulorna av betong har en total höjd mellan 700 och 1350 mm.

Leran under byggnaden är enligt beräkningar normalkonsoliderad och har en mäktighet på ca 70 meter. Grundvattennivån är belägen över grundplattans nivå. Instrumenteringen bestod av, portrycksceller och bälgslangsmätare som placerades ut innan byggnationen av polishuset startade. Dessa är utplacerade enligt Figur 2. Figuren visar endast höghusdelen av polishuset i Uppsala.



Figur 2. Placering av instrumentering under höghusdelen av nya polishuset i Uppsala.

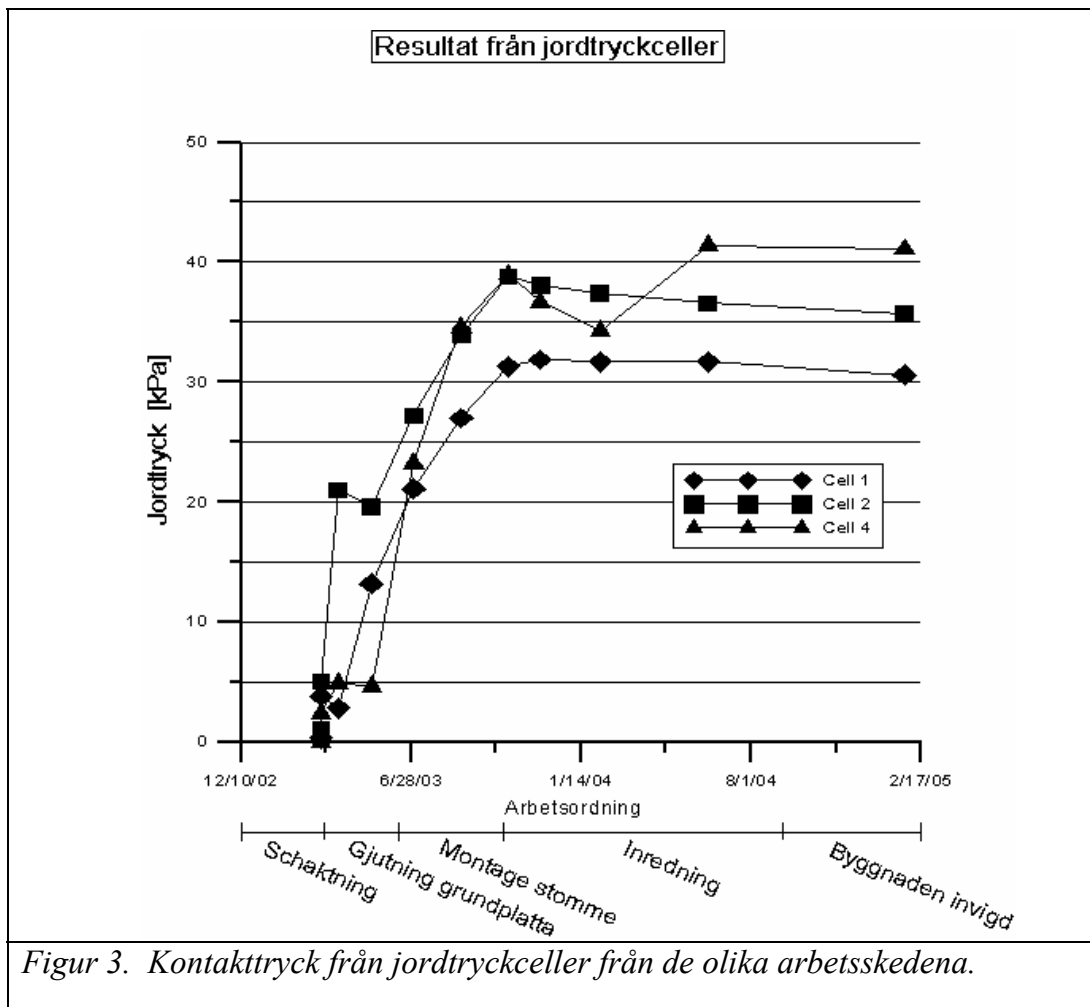
RESULTAT OCH ANALYS

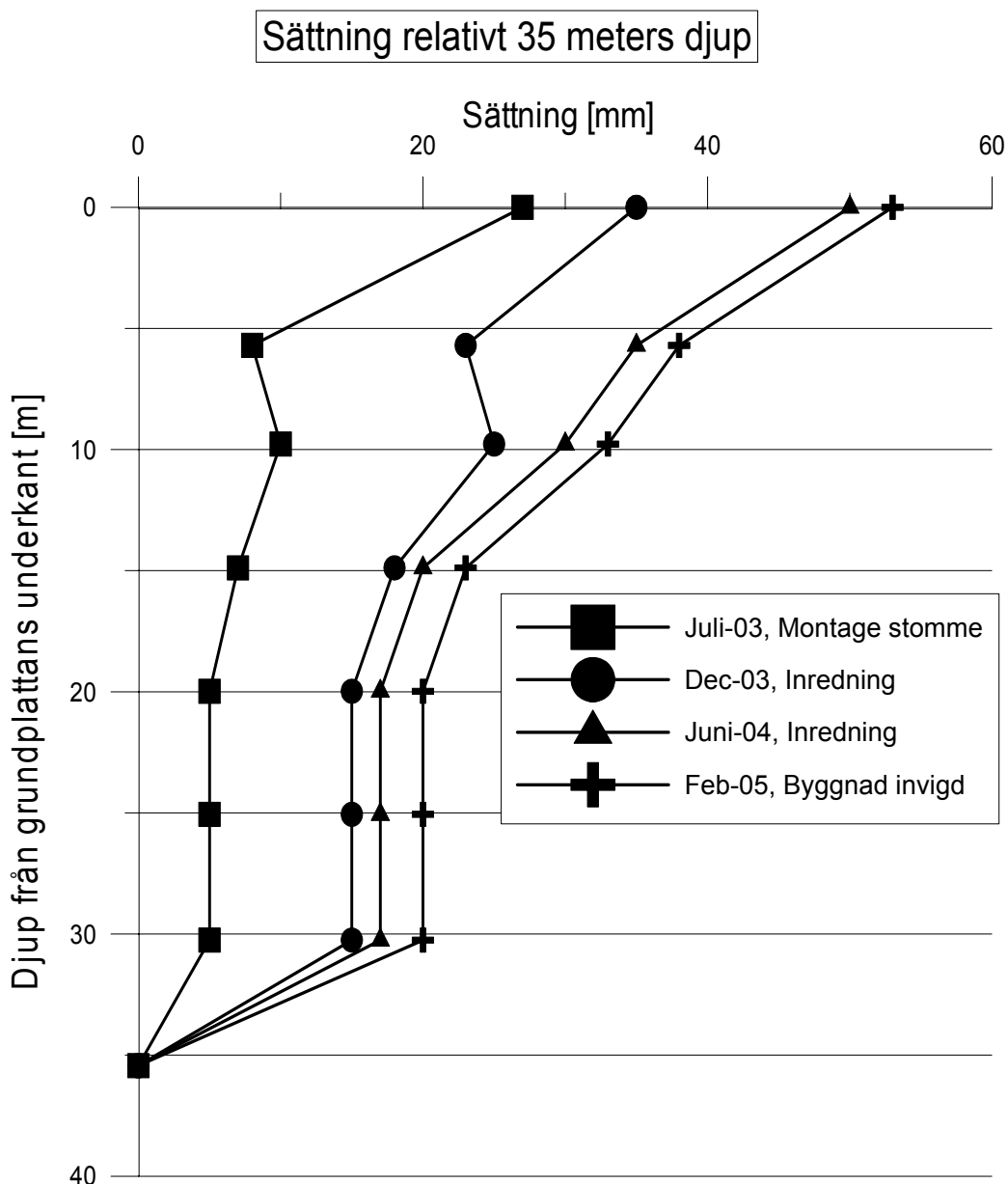
Fältningsmätningar

Figur 3 visar hur jordtrycken i samtliga tryckceller ökat i samband med gjutning av grundplatta och montering av husets stomme. Jordtryckcell 1, som är placerad centralt mitt under höghusdelen, och cell 2, som är placerad i en pålgrupp mellan byggnadens mitt och ytterkant varierar mellan 30 till 35 kPa vid byggnadens invigning.

De högsta värdena på jordtrycket fås i tryckcell 4, som är placerad närmast byggnadens ytterkant, och uppgår till 42 kPa. Att jordtrycket är störst vid ytterkanten visar att samverkan mellan grundplatta och jord beter sig relativt styvt.

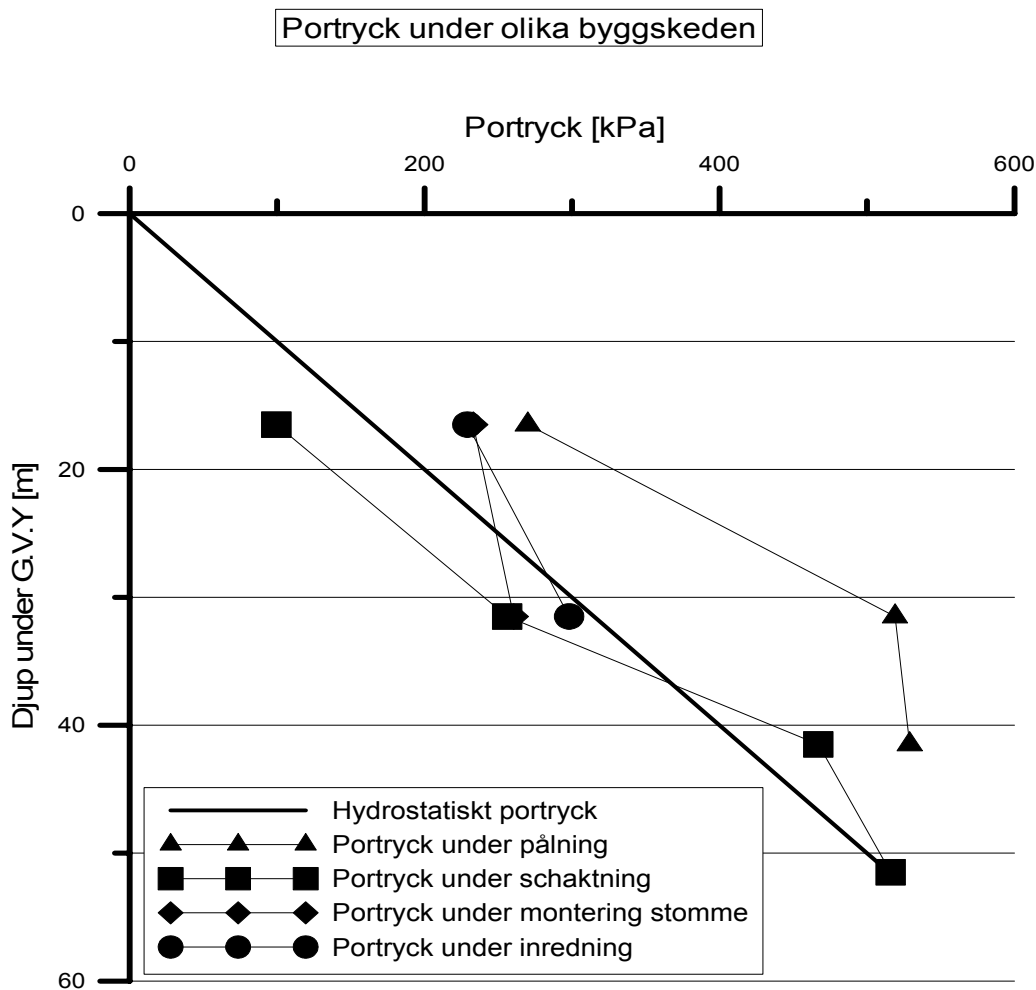
Bälg-sättningsmätaren gick ner till ett djup av 35 meter under markytan och var placerad centralt under höghusdelen. Mätningensresultaten visar att den totala sättningen, mellan den första mätningen, 2003-06-19, som genomfördes innan grundplattan hade gjutits och den sista mätningen, 2005-01-28, efter det att huset invigts, uppgår till 53 mm, se figur 4. Den största delen av dessa utgörs av elastiska sättningar. De största sättningarna genereras i jorden närmast under grundplattan och i jorden vid pålarnas nedre tredjedel. Jorden under pålarna visar upp en marginell sättning.





Figur 4. Sättningsökning relativt 35 meters djup under byggnadstiden.

Högst porövertryck fås på djupen mellan 30 och 35 meters vilket motsvarar nivån för pålspetsarna, se figur 5. En portrycksökning inträffar sedan då montering av prefabelement och stomme inleds i maj 2003 fast av betydligt mindre värde än under pålningen. Under april-maj 2004 stod höghusdelen färdig och inredning påbörjades. Figuren visar att portrycket vid denna tidpunkt verkar stabilisera sig runt det hydrostatiska portrycket.



Figur 5. Portryckets fördelning på olika djup under byggnadstiden.

Analys av metoder för samverkansgrundläggningar

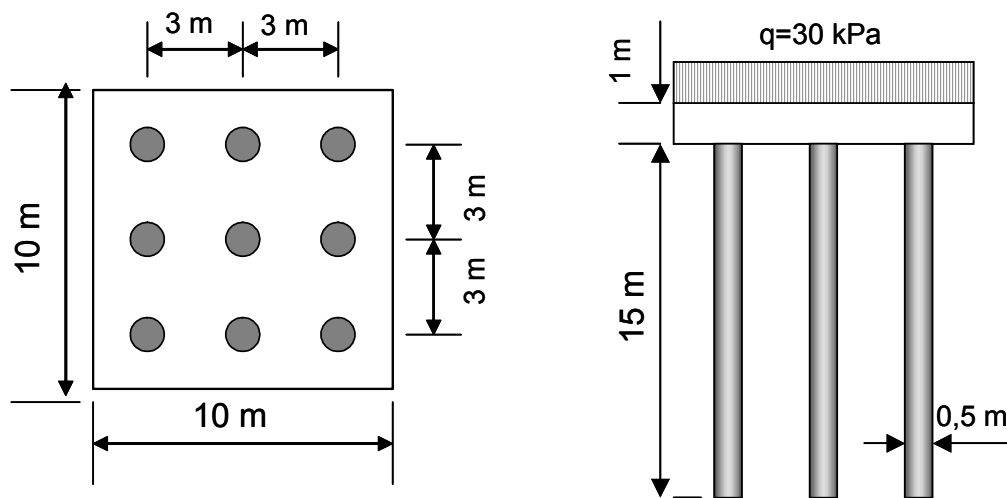
En jämförelse har utförts mellan några av de olika metoder som finns för dimensionering av samverkansgrundläggningar med kohesionspålar.

De utvalda beräkningsmodellerna som behandlar samverkansgrundläggningar är:

1. Randolph & Fleming
2. Bäddmodulteorin
3. Pålkommisionens rapport 100
4. Numeriska metoder – Finita element metoder, PLAXIS 2D, PLAXIS 3D-FOUNDATION

För att belysa skillnaden mellan de olika modellerna för samverkansgrundläggningar har två fiktiva exempel analyserat.

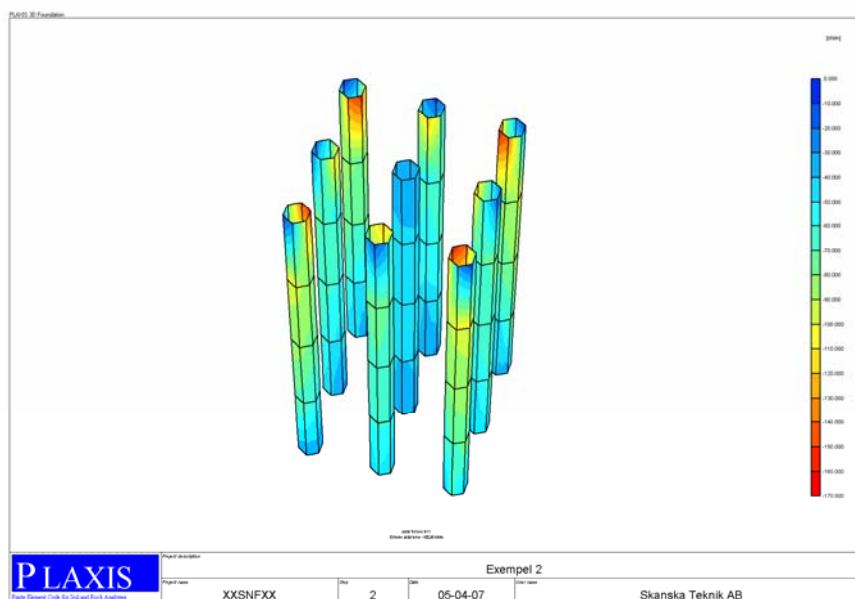
Geometrin för grundplattan och pålarna i exempel 2 är presenterad i figur 6. Elasticitetsmodulen är lika med 30 MPa och är konstant med djupet. Den utbredda lasten är 30 kPa och jämt fördelad över grundplattan.



Figur 6. Exempel 2 - samverkansgrundläggning

Resultaten från de olika beräkningsmodeller presenteras i tabell 2. De beräknade sättningarna från de olika metoderna visar liknande värden förutom resultaten från bäddmodulsteorin som visar för låga värden. Detta beror på att de fjädrar som beskriver pålarna och jorden blir alltför styva med detta synsätt.

Alla beräknade modeller visar en liknande fördelning mellan pålar och grundplatta. Bäddmodulsteorin med elastiska fjädrar beskriver egentligen inte en kohesionspålad samverkansgrundläggning. Detta leder till att resultatens tillförlitlighet blir svår att bedöma.



Figur 7. Pålkrafter, exempel 2.

Tabell 2. Resultat från exempel 2.

Exempel 2	Resultat q=30 (kPa)					
	Max. sättning (mm)	Diffren- tial- sättning (mm)	Del av last till pålar (%)	Del av last till grundplattan (%)	Medel- kontakttryck (kPa)	Max. moment i grundplattan (kNm/m)
Randolph & Fleming	5,25	-	69,2	30,6	9,23	-
Bäddmodul teorin - Elastisk fjäder	1,5	0	63,54	36,46	10,94	27,827
Bäddmodul teorin - Randolph	5,4	0	85,58	14,42	2,32	50,741
Pålkommisionen rapport 100	-	-	100	0	-	-
PLAXIS 2D - Plane Strain	9,92	0,3	68,3	29,34	8,8	35,14
PLAXIS 2D - Axialsymmetrisk	4,43	0,2	66,3	31,23	9,36	27,74
PLAXIS 2D Alt. Ax. Sym.	7,66	-	-	-	-	-
FEM - PLAXIS 3D	5,2	0,55	62,3	37,7	11,3	37

Vidare har fältmätningarna vid polishuset i Uppsala jämförts med resultat från analytiska och numeriska beräkningar, se tabell 3.

För att kunna utföra analysen för olika metoder har geometrin anpassat och en del förenklingar blivit nödvändiga även i PLAXIS 3-D analyserna. För att möjliggöra analysen har vissa pålargrupper förenklats och ersatts med en axiellt styv påle. Detta medförde att kontakttrycket inte blev i samma storlek som det uppmätta. Den uppmätta sättningen var vid mättillfället 61 mm. Den framtida slutsättningen efter konsolidering beräknas däremot sluta på ungefär 100 mm. De beräknade sättningarna med de numeriska modellerna stämmer bra överens med de förväntade slutsättningarna.

Tabell 3. Jämförelse mellan uppmätta fält resultat och olika beräkning analyser.

Uppmätta och beräknade värden under påförande av last	Kontakttryck (kPa)			Total sättning (mm)
	Cell 1	Cell 2	Cell 4	Avvägning
Uppmätt	31	36	42	61*
Randolph & Fl.	2	2	2	16,5
Bäddmodul teorin	10-14			4
Pålkommisionen	14	14	14	52
PLAXIS 2D, Plane Strain	2,5	8	9	91
PLAXIS 3D FOUNDATION	13	19	10	96

* Ingen slutgiltig sättning, konsolideringssättning pågår

SLUTSATSER

- Alla de faktorer som påverkar en samverkansgrundläggning är väldigt svåra att ta hänsyn till i en modell, varför vissa antaganden och förenklingar alltid måste göras. Vid användandet av de dimensioneringsmodeller som tillämpas i detta projekt är viktigt att användaren besitter goda geotekniska kunskaper.
- Konstruktionens ingående delars styvheter påverkas av många faktorer, vilka i många fall är icke linjära. Resultaten visar att styvheter inte utan vidare kan adderas till en sammanlagd styvhet för hela grundläggningskonstruktionen. I förlängningen betyder detta också att man inte bör addera de ingående delarnas dimensioneringsvärden för att få fram konstruktionens dimensionerande last som man gör i Pålkommisionens rapport 100. Att göra det är detta innebär att man vid en dimensionering alltid hamnar på osäkra sidan.
- Pålkommisionens rapport 100 är inte att rekommendera om man vill beskriva den egentliga last- och kontakttrycksfördelningen för en samverkansgrundläggning med kohesionspålar.
- Vid användande av bäddmodulteori bör man använda sig av fjäderstyvheter som tar hänsyn till samverkan mellan jorden och konstruktionselementen samt pålgruppseffekter.
- Programmen PLAXIS 2D och PLAXIS 3D FOUNDATION ger stora möjligheter för användaren att ta hänsyn sådana till faktorer som handberäkningsmodeller inte klarar av.
- Vid samverkansgrundläggningar med enkel geometri rekommenderas användning av någon av de enkla analytiska modellerna istället för de mer krävande numeriska finita elementmetoderna.

HÄNVISNING

RAPPORT:

Henrik Svensson och Tobias Staaf

”Samverkansgrundläggning med kohesionspålar.

En jämförelse mellan olika beräkningsmodeller.”

Examensarbete, avd för Jord- och Bergmekanik, KTH, Stockholm 2005.