

ARBETSPLATTFORMAR FÖR TUNGA MASKINER

*Fältstudie avseende förstärkningsmetoder för arbetsplattformar
på lös lera*



Malmros, Ellinor

Ringdahl, Mathilda

2022-11-30

FÖRORD

Detta projekt skrevs och utfördes i samband med författarnas examensarbete på mastersprogrammet inom infrastruktur och miljöteknik på Chalmers Tekniska Högskola. Projektet och fullskaleförsöket utfördes i samarbete med Peab och vi vill därför tacka för förtroendet att få utföra detta. Framst vill vi tacka våra handledare från Peab; Jimmie Andersson, Nils Gustafsson och Michael Sabattini, för deras stöd och vägledning under projektets gång. Vi vill tacka SBUF som hjälpte till att finansiera fältförsöket och därmed gjorde det möjligt att utföra samt tack till referensgruppen; Magnus Ruin från Geomind, Johannes Tornborg från Skanska, Lars hall från NCC och Wilhelm Rankka från SGI för viktig input. Tack ska också ges till Mats Karlsson som var handledare från Chalmers under examensarbetets gång.

Ellinor Malmros
Mathilda Ringdahl
Göteborg
2022-11-30

SAMMANFATTNING

Arbetsplattformar används ofta på byggarbetsplatser när den befintliga jordens bärighet inte är tillräcklig för att bära larvburna maskiner så som exempelvis pålkranar. En arbetsplattform hjälper till att sprida grundtrycket från maskinen över en större yta på den svagare undergrunden. Då arbetsplattformen inte kan bidra med erforderlig lastspredande effekt kan bärighetsbrott i undergrunden uppstå och leda till att maskinen välter. Konsekvenserna kan vara väldigt kostsamma men också påverka miljön eller i värsta fall äventyra säkerheten för de som arbetar på platsen. När erforderlig bärighet inte kan uppnås med en arbetsplattform av bara friktionsmaterial kan förstärkningar tillämpas.

Syftet med detta arbete var att studera och jämföra lastspredningseffektiviteten för en oförstärkt arbetsplattform, en arbetsplattform förstärkt med stockmattor och en förstärkt med geonät. Därmed kunna säga vilken förstärkningsmetod som bidrar till en högre bärighet. Det gjordes genom att utföra ett fältförsök och kompletterande numeriska och analytiska studier för att vidare analysera beteendet av de olika förstärkningarna.

Resultaten visar att förstärkningarna bidrar till en ökad bärighet och effektivare lastspredning, däremot kunde inget entydigt svar ges angående vilken av de två förstärkningsmetoderna som gav bäst lastspredande effekt. De huvudsakliga fynden var att stockmattans lastspredande effekt visade sig var starkt beroende av kontaktytan med plattformen och därmed den effektiva lastspredande arean. För en arbetsplattform förstärkt med geonät visade resultaten att det fanns en antydning till effekt av mekanisk stabilisering även vid små töjningar av geonätet.

INNEHÅLL

1. INTRODUKTION OCH BAKGRUND	1
2. TEORI.....	1
3. FULLSKALEFÖRSÖK	4
4. NUMERISK ANALYS.....	6
5. RESULTAT	7
6. SLUTSATS	12
REFERENSER	13

1. INTRODUKTION OCH BAKGRUND

Arbetsplattformar används ofta på byggarbetsplatser när den befintliga jordens bärighet inte är tillräcklig för att bära tunga maskiner så som exempelvis för pålkranar. En arbetsplattform hjälper till att sprida grundtrycket från maskinen över en större yta på den svagare undergrunden. Då arbetsplattformen inte kan bidra med erforderlig lastspredande effekt kan bärighetsbrott i undergrunden uppstå och leda till att maskinen välter. Konsekvenserna kan vara kostsamma och påverka miljön eller i värsta fall äventyra säkerheten för de som arbetar på platsen. I de fall då arbetsplattformar av friktionsmaterial inte kan sprida lasten för att uppnå erforderlig bärighet kan förstärkningar tillämpas. Däremot finns vissa osäkerheter vid dimensionering av förstärkta arbetsplattformar. Osäkerheterna ligger i hur förstärkningsmaterialen beter sig och hur de bidrar till en högre bärighet. Således finns även meningsskiljaktigheter i branschen angående vilken typ av förstärkningsmetod som ger en högre bärighet.

Syftet med detta arbete var att studera och jämföra lastspredningseffektiviteten för en oförstärkt arbetsplattform, en arbetsplattform förstärkt med stockmattor och en förstärkt med geonät. Därmed kunna säga vilken förstärkningsmetod som bidrar till en högre bärighet.

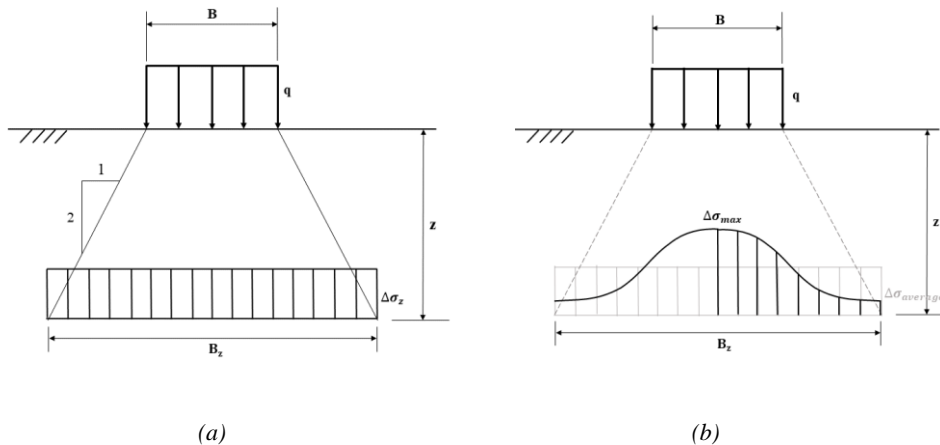
Detta gjordes i tre steg:

- Ett fullskaleförsök utfördes där spänningsfördelning och sättningar studerades under belastning för de tre olika arbetsplattformarna. Töjningen i geonätet och stockmattan studerades också.
- En numerisk analys utfördes där de tre olika arbetsbäddarna som testades under fullskaleförsöket modellerades i PLAXIS. Resultatet användes för att jämföra med resultaten från fullskaleförsöket.
- Analytiska beräkningar utfördes för att kunna göra antaganden om bärigheten.

2. TEORI

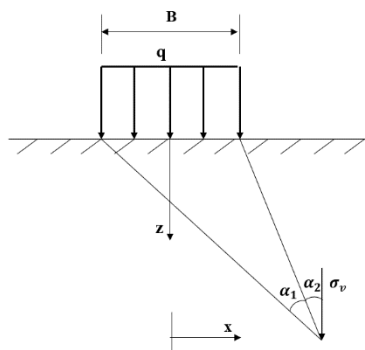
För att kunna utföra och tolka resultaten från fullskaleförsöken gjordes inledningsvis en litteraturstudie inom flera områden, bland annat inom grundläggande jordmekanik, om olika lastfall från pålkranar, markundersökningsmetoder och mätinstrument. En fördjupning gjordes sedan inom de område som ansågs relevant för att analysera lastspredning och bärighet.

Främst två metoder användes för att analysera lastspredning i arbetsplattformar; närmevärdemetoden och Boussinesq. Närmevärdemetoden utgår från att lasten sprids jämnt från den belastade ytan ner med en vinkel β som beror på jordens egenskaper (Bergdahl m.fl., 1993), ofta används vinkeln 2:1 enligt figur 1a. Nackdelarna med att använda närmevärdemetoden är att den beräknade spänningen underskattas centriskt under lasten och överskattas på sidorna till skillnad från den egentliga spänningsfördelningen enligt figur 1b.



Figur 1: a) Illustration av närmevärdemetoden respektive b) faktisk spänningsfördelning. Figureerna är modifierade bilder från Temporary works forum (2019)

Med Boussinesqs teori, som illustreras i figur 2, kan förändring i vertikalspänningen under en last beräknas i en godtycklig punkt (Bergdahl m.fl., 1993). Begränsningar med denna metod är att materialet antas vara ett elastiskt, viktlost, homogent, isotropiskt och semi-infinit medium. Alltså påverkar endast lastens storhet och utbredning den resulterande spänningen.

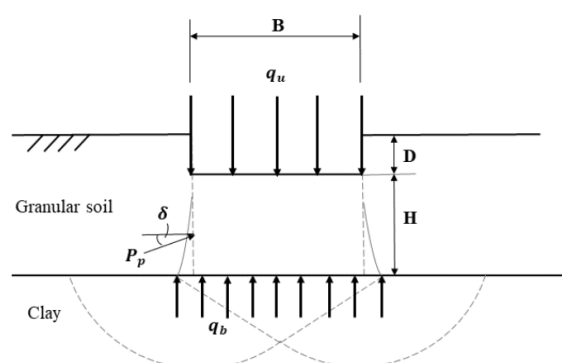


Figur 2: Illustration av Boussinesq teori. Modifierad figur från Knappet och Craig (1974)

För att vidare analysera lastspridning samt bärlighet i en arbetsplattform utan förstärkning studerades flera teorier. Den allmänna bärlighetsekvationen används för att beräkna bärlighet av en längsgående plattgrundläggning på en undergrund bestående av friktionsjord eller kohesionsjord (Bergdahl m.fl., 1993). I sin generella form tar ekvationen hänsyn till jordens skjuvhållfasthet och tunghet samt lasten på grundläggningen. Senare har den kompletterats med korrektionsfaktorer, till exempel för att beräkna bärligheten för en icke långsträckt platta och för att kunna användas när andra förutsättningar finns. En korrektionsfaktor som tagits fram av Tchong (1957) är när en undergrund består av friktionsjord som överlagras av lera, vilket kan liknas vid fallet av en arbetsplattform av friktionsmaterial på ett jordlager av lera.

I stället för att det är det ovanliggande friktionslagret på leran som direkt ökar bärligheten i systemet har Meyerhof (1974) vidare argumenterat för att det som ökar bärligheten beror på stansning. Det vill säga att vid sättningar uppstår ett passivt jordtryck och skjuvning uppstår. Detta illustreras för ett stansningsbrott i figur 3. Denna teori har vidare studerats. Bland annat gav The Building Research Establishment (BRE) i Storbritannien ut en guide för dimensionering

av arbetsplattformar (Dobie m.fl., 2019). I guiden har teorin utvecklats och ett stansningsbidrag kombinerat med friktionsmateriallets bärighetsbidrag utgör den totala bärigheten i arbetsplattformen. Även Svensk Grundläggning (2020) har utgivit en guide. Där föreslås att teorier från Meyerhof och Hanna (1978) ska användas vid dimensionering av arbetsplattformar. Ytterligare vidare diskussioner av teorierna har dock kommit att begränsa dem till att endast vara lämpliga för leror med skjuvhållfasthet mellan 20–80 kPa (Dobie, m.fl., 2019).



Figur 3: Stansningsbrott. Figur modifierad från Meyerhof (1974).

Vidare har en studie av Burd och Frydman (1997) studerats där ett sätt att beräkna en lastspridningsvinkel i en plattform med lera som överlagras med sand presenteras. Beräkningen baseras både på lastspridningsteorier och stansningsteorin men anses också som begränsad till när brottet sker i friktionsmateriallet. Men studien har också lett till en vidare diskussion där en korrektionsfaktor till teorin i guiden BRE utgavs. Korrektionsfaktorn gör att metoden är mer konservativ även när leror med låga skjuvhållfastheter används.

För att vidare kunna analysera lastspridning och bärighet i en arbetsplattform med förstärkning studerades teorier för stockmattor respektive med geonät. För förstärkning med stockmattor hittades inga metoder som bekräftats teoretiskt eller med försök. Men för dimensionering av arbetsplattformar kan stockmattorna antas vara en styv platta som utgör ett jämnt tryck på arbetsbädden (Rankka m.fl., 2022). Däremot ska hänsyn tas till stockmattornas skick och styvhet för att inte överdimensionera deras förmåga att sprida last. De teorier som ovan introducerats kan därmed anses användbara för att dimensionera en arbetsbädd med stockmattor så länge stockmattornas skick beaktas.

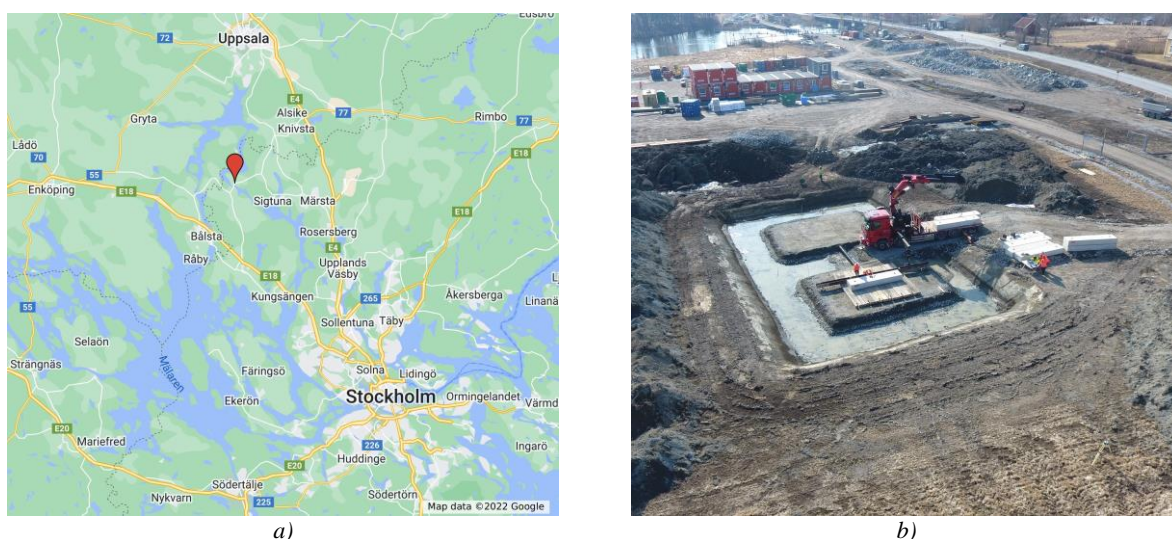
Studier (Jewell, 1996, Dobie m.fl., 2018) på arbetsplattformar förstärkta med geonät visar på att nätet bidrar till mekanisk stabilisering i arbetsbädden och på så sätt ökar bärigheten. Detta sker genom att partiklar från friktionsmateriallet sammankopplas med det styva geonätet och på så sätt skapar ett styvare material med högre hållfasthet och kan därmed sprida lasten mer effektivt.

I guiden utgiven av BRE finns en metod för att beräkna tillskottet av bärighet som geonätet har på en arbetsbädd. Metoden innebär att en tillskottsfaktor baserad på geonätets styvhet adderas. Av Dobie m.fl. (2019) har detta sedan diskuterats. Då metoden bara tar hänsyn till att geonätets töjs i brottnonen och på så vis bidrar till högre bärighet ignorerar den teorin om mekanisk stabilisering.

Vidare har numeriska och parametriska studier av Lees (2017) utförts där man har försökt skapa ett material som simulerar effekten av ett geonät som bidrar till mekanisk stabilisering i en arbetsbädd. Man kom fram till ett samband och en T-faktor som beror på skjuvhållfastheten i undergrunden av lera. Denna metod har sedan testats och validerats genom fältförsök där man kunnat bakräkna T-faktorn (Dobie, m.fl., 2018). Vidare har teorin också studerats för att ta fram sambandet med olika friktionsmaterial och resulterade då i att T-faktorn varierade med hänsyn till den initiala effektivspänningen i friktionsmaterialet samt friktionsvinkeln (Lees & Matthias, 2019).

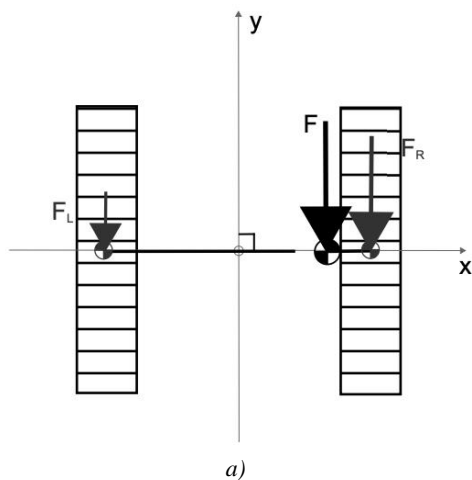
3. FULLSKALEFÖRSÖK

Fullskaleförsöket utfördes på en byggarbetsplats i Erikssund, norr om Stockholm, platsen visas på karta i figur 4a. Förutsättningarna i marken stämde överens med de som önskades för att utföra försöket då leran där var både sensitiv och ostörd. Torrskorpan schaktades ur för att arbetsbäddarna skulle kunna byggas direkt på den ostörda leran. Figur 4b är ett foto från fältförsöket och där man kan se urschaktningen och de uppbyggda arbetsbäddarna.



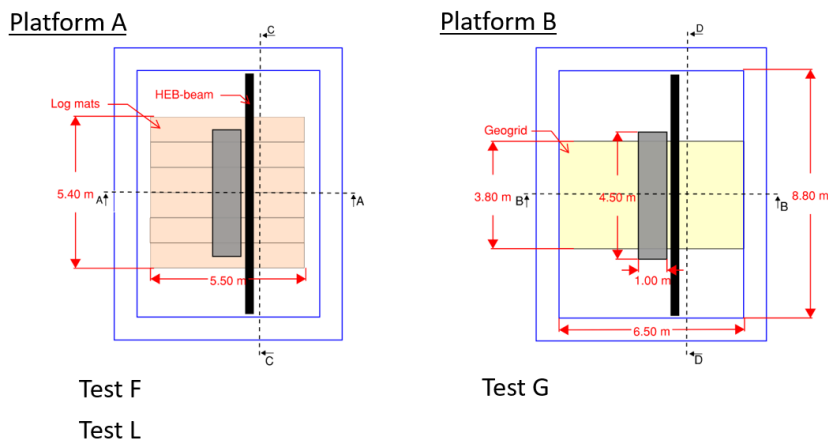
Figur 4: a) Plats för fältförsöket (Google Maps, 2022) och b) fotografi av arbetsplattformarna.

Arbetsplattformarna belastades med vikter som motsvarade trycket från en pålkranslarv då kranen är roterad 90 grader från larvens riktning och 80 % av vikten läggs på den ena larven. Detta illustreras i figur 5a. Valet att simulera detta lastfall gjordes eftersom det resulterar i det största jämnt utbredda trycket och därmed lätt att återskapa med hjälp av vikter. En vanligt förekommande pålkran väger ungefär 70 ton och om 80 % av vikten förs på en pålkranslarv med dimensionerna 4.9m x 0.9m resulterar det i ungefär 125 kN. Bara 9st betongvikter á 5,4 ton kunde erhållas till fältförsöket och således belastades arbetsplattformarna bara med en total vikt på 48,6 ton och ett motsvarande tryck på 108 kPa. Figur 5b visar bild ifrån fältförsöket när alla vikter är lastade på arbetsbädden förstärkt med stockmattor.



Figur 5: a) Valt lastfall för fältförsöket och b) foto från fältförsöket med alla vikter lastade på arbetsplattformen förstärkt med stockmattor.

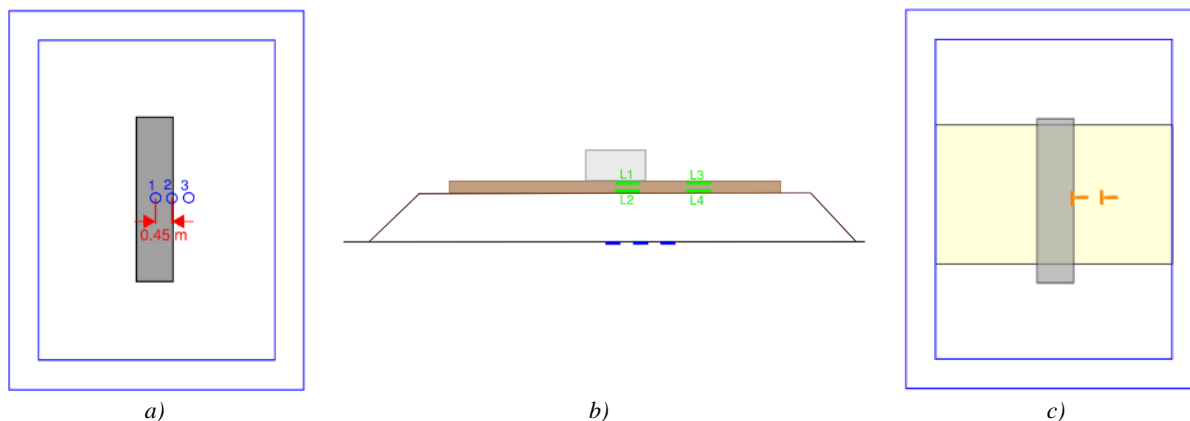
Bara två arbetsplattformar konstruerades då belastningsförsöken för en arbetsplattform utan förstärkning och förstärkt med stockmattor ansågs kunna utföras på samma bädd. För att så enkelt som möjligt kunna jämföra resultaten konstruerades de två bäddarna med samma dimensioner och samma utförande. Plattformarna byggdes upp och packades enligt AMA 20 med 0–90 krossmaterial. Den enda teoretiska skillnaden mellan bäddarna var att en bädd var förstärkt med ett lager geonät. För att säkerställa bärigheten för plattformarna beräknades en erforderlig höjd för en oförstärkt arbetsplattform med generella bärighetsekvationen och närmevärdemetoden. Som visas i figur 6 utfördes testet med stockmattor, vidare kallat test L (Log mat), på arbetsplattform A. Även testet utan förstärkning, vidare kallat test F (Fill), utfördes på Plattform A. Testet med geonät, vidare hänvisat till som test G (Geogrid), utfördes på arbetsplattform B.



Figur 6: Överblick på arbetsplattformarna i plan.

För att kunna samla in data från fältförsöket installerades mätinstrument i arbetsplattformarna. Totalspänningen i jorden mätes med jordtrycksmätare. Tre mätare i respektive plattform placerades i ett 1 dm mäktigt sandskikt på leran innan förstärkningslagret av 0–90 krossmaterial lades ut. Sandskiktet lades ut för att säkerställa ett jämnt tryck mot mätarna. De placerades så att en skillnad i spänning teoretiskt skulle kunna mätas upp enligt 2:1 teorin. Första mätaren (cell 1) placerades centrerat under vikten som skulle simulera trycket av en pålkrans larv. Nästa mätare

(cell 2) placerades i samma linje i plan som cell 1 och vid kanten av vikten och den sista mätaren (cell 3) också i samma linje och med samma avstånd som mellan cell 1 och 2. Placeringen av mätarna illustreras i figur 7a. Mätarna placerades likadant i båda arbetsplattformar för att förenkla analysen av resultaten.



Figur 7: Placering av a) jordtrycksmätare i båda arbetsplattformar, b) placering av töjningsgivarna på stockmatta och c) placering av töjningsgivarna i geonätet.

Deformation mätes i stockmattorna som placerades på plattform A med fyra töjningsgivare. Två givare (L1 och L3) placerades i överkanten av en stock på en centrerad stockmatta och två (L2 och L4) placerades i underkanten av stocken för att mäta deformationen i tryck och drag. Två givare (L1 och L2) var placerade i kanten under vikten och nästa två (L3 och L4) placerades med ett avstånd på 1,2 m för att fånga deformationen längs med stockmattan. Placeringen av töjningsgivarna på stockmattan illustreras i figur 7b.

För plattform B mättes deformation i geonätet. Fyra töjningsgivare installerades i nätet innan plattformen byggdes upp till full höjd. Dem placerades i två T-formationer för att mäta i deformationen i två riktningar. Den ena T-formationen (givare G1 och G2) placerades där kanten av vikten skulle placeras och den andra formationen (givare G3 och G4) placerades 1,5 m från den första. Placeringen av töjningsgivarna på geonätet illustreras i figur 7c. När dem var installerade var tanken att göra en nollmätning för att sedan mäta igen när plattformen var uppbyggd för att på så sätt uppskatta töjningen i nätet under konstruktion och packning av krossmaterial. På grund av tidsbrist kunde inte nollmätningen utföras och den initiala töjningen i geonätet fick istället uppskattas med hjälp av data från innan mätarna var installerade.

Sättningen i arbetsplattformen mättes också under fältförsöket. Mätklockor placerades på en HEB-balk som var upplagd bredvid den första vikten så att nålen låg emot vikten. Mätningar kunde då göras för alla laststeg från det andra laststeget.

4. NUMERISK ANALYS

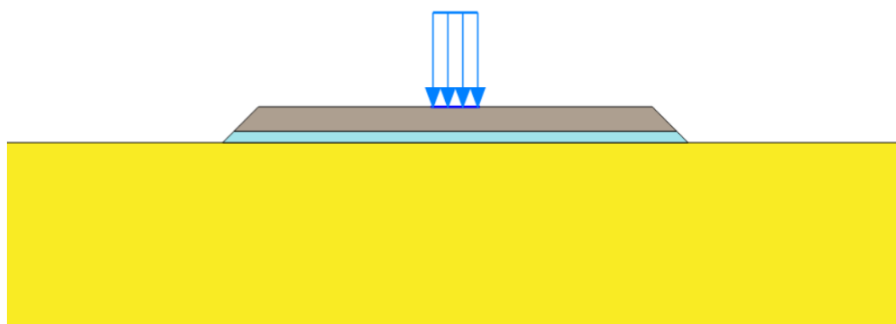
För att jämföra resultaten i fält gjordes en numerisk analys av de tre olika arbetsbäddarna i Plaxis 2D.

En modell för försöket av en oförstärkt arbetsbädd gjordes med samma dimensioner som i fält och precis som i fält modellerades endast en larv. Arbetsbädden modellerades som en

friktionsjord liggandes på en 12 meter mäktig lera. En styv platta, med längden av en betongvikt, med utspridd last på användes för att simulera larvens vikt/betongvikterna i fält. Lasten ökade stegvis med samma laststeg som användes i fält.

En modell för försöket med stockmattor gjordes på liknande sätt som den oförstärkta modellen. Den styva plattan ersattes med en platta med längden och styvhetsparametrar av en stockmatta. En utspridd last placerades sedan centrerat på plattan med längden av en betongvikt och lastades återigen med samma laststeg som i fält.

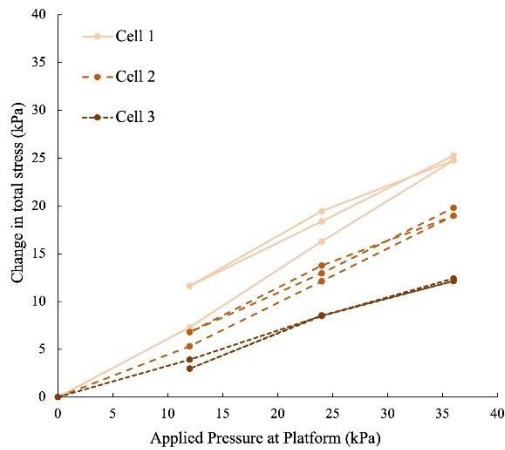
För modellen förstärkt med geonät ville man återskapa effekten av geonätet, ett mekaniskt stabiliserat material. I enlighet med studierna från Lees och Matthias (2015) skapades i stället ett friktionsmaterial i arbetsbädden där kohesionen ökades med 15 kPa. I samma studie kom man också fram till att geonätet påverkar materialet ca 15 cm ovan och under geonätet och därför sattes mäktigheten på materialet i modellen till 25 cm i enlighet med vart geonätet var placerat i fält. Figur 8 presenterar modellen med geonät.



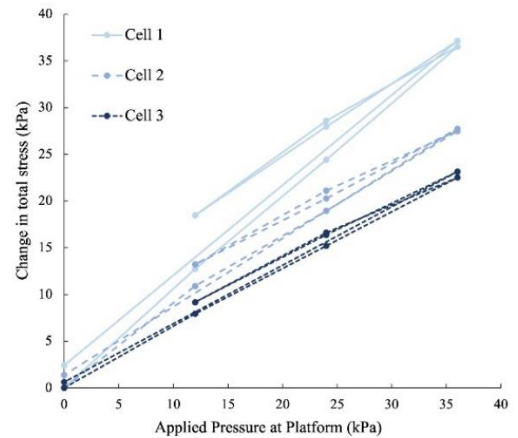
Figur 8: Plaxismodell av arbetsbädd förstärkt med geonät.

5. RESULTAT

Innan fältförsöket utfördes gjordes en provbelastning på respektive arbetsplattform. Detta gjordes för att kontrollera så att jordtrycksmätarna gav samma resultat medan på och avlastning gjordes. Arbetsplattformarna lastades då på och av med tre betongvikter som vägde 5.8 ton styck. Den understa betongvikten placerades då centriskt över den mittersta jordtryckscellen så att teoretiskt, enligt 2:1 teorin, skulle den mittersta mätaren (cell 2) uppmätta högst spänningar och de andra två (cell 1 och 3) något lägre men samma spänning i båda mätare. Resultatet från provbelastningen presenteras i figur 9 och representerar inte det förväntade resultatet. En liten tendens till hysteresis effekt noterades, vilket innebär att högre spänningar uppmättes andra pålastningen jämfört med första. Efter att provbelastningen var utförd upptäcktes det att betongvikterna hade en försänkning centrerad på undersidan vilket resulterade i att hela vikten inte hade kontakt med marken. Detta resulterade i flera osäkerheter kring de uppmätta resultaten. Osäkerheterna beaktades under fältförsöket och framför allt vid analys av resultaten. Försänkningen under vikten åtgärdades under fältförsöket genom att shimsa upp med plywoodskivor för att få ett jämnt fördelat tryck över markytan.



a) mätare i arbetsbädd A

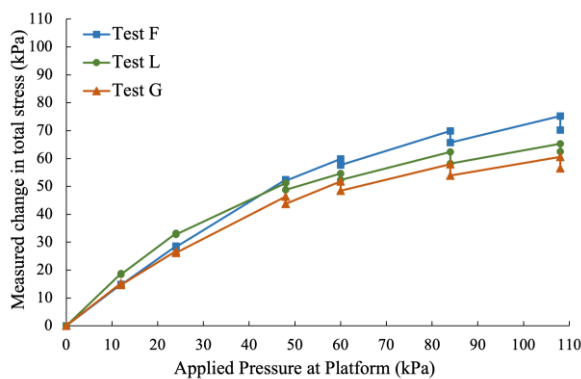


b) mätare i arbetsbädd B

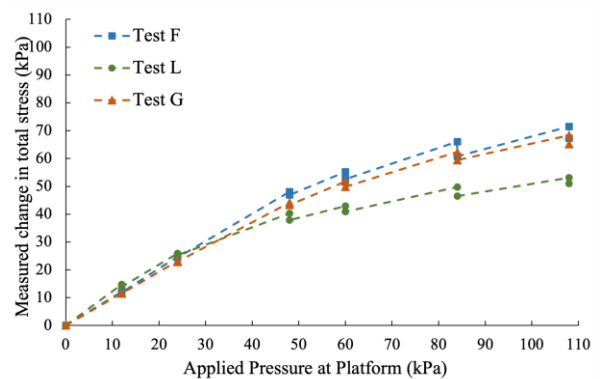
Figur 9: Resultatet från provbelastning.

Under fältförsöket uppmättes skillnaden i totalspänning med jordtrycksceller. Resultaten från jordtryckscell 1, 2 och 3 visas i Figur 10 där förändring i totalspänning är plottat mot trycket från betongvikterna. Då förändringen i totalspänningen är större än det antagna trycket från vikterna kan resultaten inte anses vara helt pålitliga. Antagligen var jordtryckscellerna för styva eller var trycket större än vad som beräknats. Oavsett vad som gjorde att resultaten inte blev som förväntat och inte ansågs helt pålitliga vad gäller storheten i uppmätt spänning ansågs det att spänningsbeteendet fortfarande kunde analyseras utifrån dessa grafer.

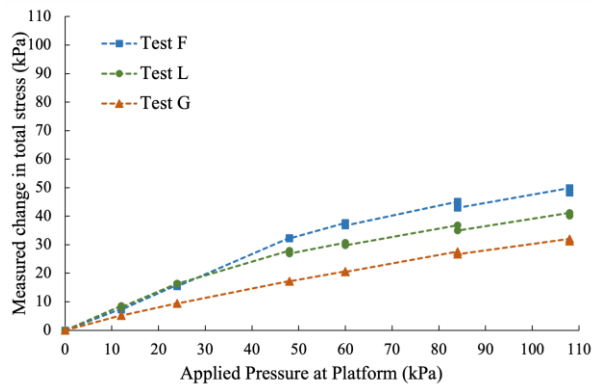
Test F visar på störst förändring i totalspänning och därmed minst effektiv lastspridning. I jordtryckscell 1 och 3 visar test G lägst förändring i spänning medan test L visar lägst i cell 2. Detta resultat gör det svårt att avgöra vilket av test G eller L som visar på en mer effektiv lastspridning. En tydlig trend uppmätt i alla jordtrycksceller är att test L uppvisar väldigt liknande spänningar som test F i början av belastningstestet för att sedan plana ut mer för de högre belastningsstegen än för test F.



a) Cell 1



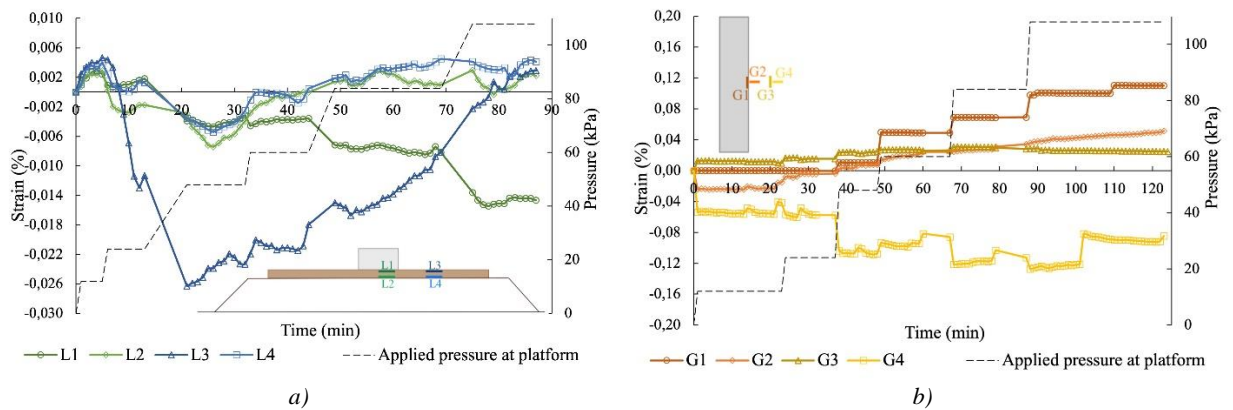
b) Cell 2



c) Cell 3

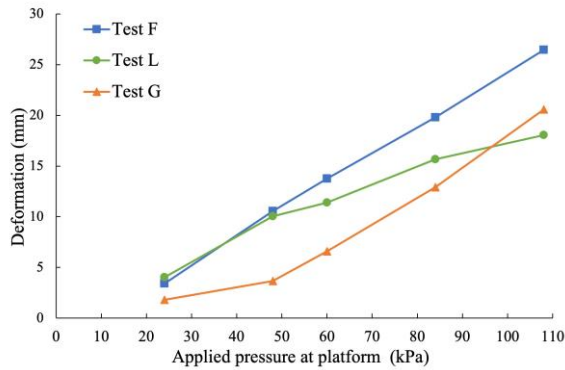
Figur 10: Resultat från jordtrycksmätarna för respektive cell.

Resultaten från töjningsgivarna presenteras i figur 11 där töjningen är plottad mot tid. Den uppmätta töjningen är väldigt liten och resultaten bidrar inte till något tydligt svar på hur förstärkningarna beter sig.



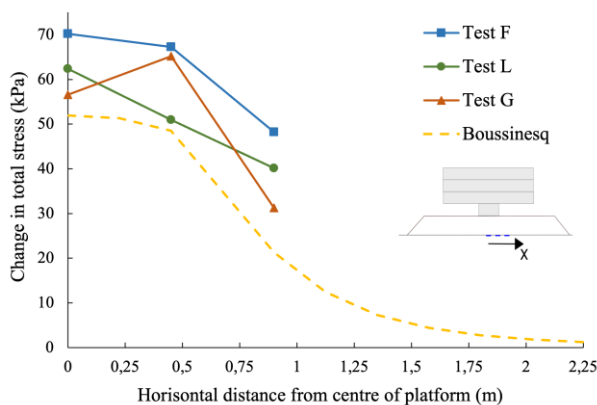
Figur 11: Resultat från töjningsgivarna i a) stockmattan och b) geonätet.

I figur 12 presenteras resultatet som uppmättes med mätklocka där sättningarna är plottade mot det beräknade trycket från betongvikterna. Test F visar störst sättningar med en linjär trend. Test G visar på lägst sättningar fram till det sista belastningssteget och visar på en trend med mer accelererande sättningar. Test L visar liknande sättningar som test F för de första belastningsstegen, precis som för resultaten från jordtryckscellerna. Detta tros bero på att stockmattorna inte effektivt bidrar till att sprida lasten förrän sättningar har uppstått och därmed får stockmattorna en större kontaktyta med friktionsmaterialet. Test L visar lägst sättningar i sista belastningssteget och visar på en avtagande trend.



Figur 12: Resultat för sättningar från respektive test.

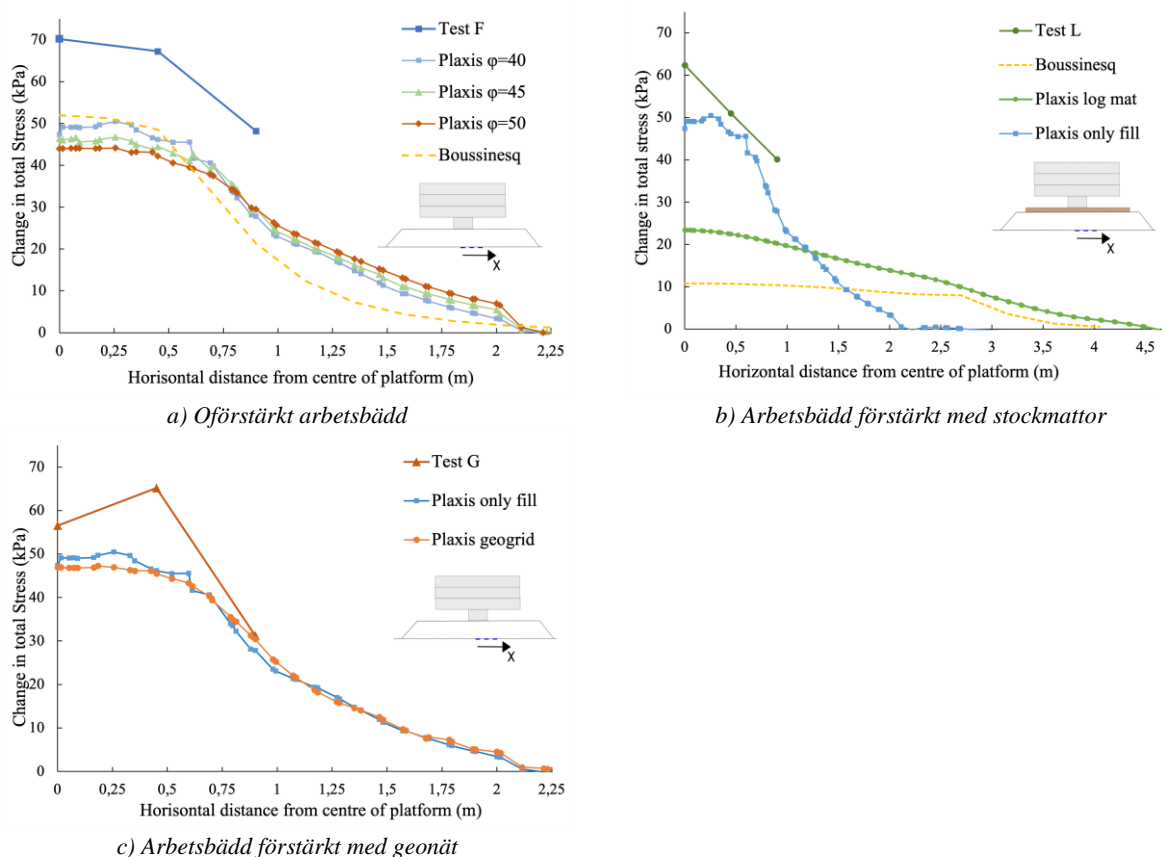
Figur 13 presenterar det uppmätta förändringen i totalspänning för alla celler i alla belastningstest under det sista belastningssteget. Boussinesqs kurva för belastningsfallet har också plottats för referens. Spänningsfördelningarna för de olika testen visar ett beteende likt det framtaget från Boussinesqs ekvation med samma lastfall. Spänningarna är något högre än vad som kan förväntas även i det sista belastningssteget när kontaktytan från lasten är större än för de tidigare belastningsstegen. Här syns tydligare att cell 2 uppmätte högre spänningar än cell 1 under test G vilket inte är ett förväntat resultat, däremot visar alla celler lägre spänningar än för test F. Det indikerar att ett geonät bidrar till en mer effektiv spänningsfördelning. Test L visar på en mer jämn spänningsfördelning.



Figur 13: Boussinesqs teori plottat tillsammans med resultatet av totalspänningar för alla celler och för alla test vid max last.

Figur 14 presenterar resultaten för de numeriska modeller som skapades med det högsta laststeget. De presenteras tillsammans med motsvarande resultat i fält samt med Boussinesqs lastspredningsteori. För den oförstärkta arbetsplattformen (figur 14a) kan det återigen konstateras att spänningarna uppmätta i fält är för höga. Däremot uppvisas ett liknande beteende i fält, numeriskt och med Boussinesqs teori. Genom att vidare studera resultatet från arbetsbädden förstärkt med stockmattor (figur 14b) syns samma liknande beteenden. Det som bör noteras är att det i den numeriska modellen antas att hela stockmattearean ligger i kontakt med plattformen. Spänningsfördelningen i fält liknar beteendet från resultatet av den numeriska modellen av en oförstärkt bädd mer än den numeriska modellen förstärkt med stockmatta. Detta resultat tyder på

att den effektiva arean från stockmattorna inte var 100 % i fält utan närmare arean av den simulerade larven. Resultatet från den numeriska modellen med geonät (figur 14c) är väldigt lik resultatet av den numeriska modellen utan förstärkningen och slutsatsen för modellen med geonät är att man inte numeriskt lyckades modellera den effekten av mekanisk stabilisering som önskades.



Figur 14: Resultatet från fullt belastad arbetsbädd från fältförsöket tillsammans med resultatet från respektive numeriska modell.

Bärigheten beräknades för arbetsplattformarna, med materialparametrar och dimensioner som tagits fram i fält, med de olika teorier som studerats. För en oförstärkt arbetsplattform varierar den beräknade bärigheten mellan 64 och 163 kPa. Med den beräknade bärigheten beräknades också en lastspridningsvinkel enligt Burd och Frydman (1997). Resultatet för lastspridningsvinklar varierade mellan 9° och 54°. Samma beräkningar gjordes för arbetsplattformen med stockmattor. Variationen i resultatet visade på lika stor spridning som för den oförstärkta och det beräknades att trycket från en 100 % effektiv stockmattsarea kunna uppgå till mellan 302 och 508 kPa som verkar mot arbetsbädden. Lastspridningsvinkeln varierade mellan -20° och 60°. Det som ska noteras är att stockmattan beräknas som 100 % effektiv och sprider trycket helt jämnt mot marken. Slutligen beräknades bärigheten och lastspridningsvinkeln för arbetsplattformen med geonät med de metoder som studerats. Bärigheten varierade då mellan 109 och 481 kPa och vinkeln mellan 35° och 79°.

Den stora spridningen i resultatet visar på att valet av beräkningsmetod starkt påverkar dimensioneringen av arbetsplattformar. Eftersom arbetsbäddarna aldrig belastades till brott under fältförsöket kan beräkningarna inte direkt jämföras med försöket. Vilken beräkningsmetod som

bäst korrelerar med verkligheten går därför inte att konstatera. Därav kan dessa beräkningar inte ge en förklaring till vilken förstärkning som ger den högsta bärigheten eller lastspridningen.

6. SLUTSATS

Resultaten visar tydligt att en förstärkt arbetsplattform resulterar i lägre spänningar än en oförstärkt arbetsplattform. Resultaten visar inte lika tydligt vilken typ av förstärkningsmetod som bidrar till en bättre lastspridning. Eftersom arbetsplattformen med stockmattor i fältförsöket resulterade i en mer jämn spänningsfördelning och minst sättningar kan stockmattor påstås ha en bättre lastspridande effekt. Däremot visar resultaten från fältförsöket att geonätet bidrar till en förbättring i lastspridning trots att ingen större töjning i nätet har uppmätts vilket tyder på att geonätet har bidragit till så kallad mekanisk stabilisering. Det misslyckade försöket att numeriskt modellera mekanisk stabilisering visar däremot på okunskapen i hur geonät faktiskt bidrar till en högre bärighet och hur det ska tas hänsyn till i beräkningar.

Resultatet för bärighetsberäkningarna visar att valet av beräkningsmetod har en stor betydelse vid dimensionering av arbetsplattformar. För vidare studier bör ett liknande fältförsök genomföras där man belastar plattformarna till brott. Det skulle ge en bättre förståelse för vilka beräkningsmetoder som är riskfyllda att använda men också vilka som är konservativa och därmed inte resurseffektiva. Ett sådant fältförsök hade också gett tydligare svar på vilken förstärkningsmetod som bidrar till en högre bärighet.

REFERENSER

- Bergdahl, U., Ottosson, E., & Stigson Malmborg, B. (1993). *Plattgrundläggning*. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst.
- Burd, H. J., & Frydman, S. (1997). Bearing capacity of plane-strain footings on layered soils. *Canadian Geotechnical Journal*, 34, 241–253.
- Dobie, M., Lees, A., Buckley, J., & Bhavsar, R. (2019). Working platforms for tracked plant - BR 470 guideline and a revised approach to stabilisation design with multiaxial hexagonal geogrids.
- Dobie, M., Lees, A., & Khanardnid, J. (2018). Case study: performance of a geogrid stabilized working platform constructed over extremely soft dredged silt. Seoul, Korea: International Conference on Geosynthetics. Hämtad från <https://www.researchgate.net/publication/327881174>
- Google Maps. (2022). [Erikssund]. Hämtad från https://www.google.se/maps/@59.6450069,17.6112101,17z/data=!3m1!4b1!4m2!6m1!1s1bw27vahbapH_KgKGrRntB9NpiONz8RUN?hl=en
- Jewell, R. A. (1996). *Soil reinforcement with geotextiles*. London: Construction Industry Research and Information Association.
- Knappet, J. A., & Craig, R. F. (1974). *Craig's soil mechanics* (8th ed.). Abingdon: Spon Press.
- Lees, A. (2017). Bearing capacity of a stabilised granular layer on clay subgrade. *Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields*, 1135–1142.
- Lees, A., & Matthias, P. (2019). Bearing capacity of a geogrid-stabilised granular layer on clay. *Ground engineering*, 28–33.
- Meyerhof, G. G. (1974). Ultimate Bearing Capacity of Footings on Sand Layer Overlying Clay. *Canadian Geotechnical Journal*, 11(2), 223–229.
- Meyerhof, G. G., & Hanna, A. M. (1978). Ultimate bearing capacity of foundations on layered soils under inclined load. *Canada Geotechnical Journal*, 15 (4), 565–572. Hämtad från <https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.1139/t78-060>
- Miller, K.S. (2013). *Technical Note on Use of BR470 in Soft Clay*. Federation of Piling Specialists. Hämtad från https://www.fps.org.uk/content/uploads/2017/05/Technical_Note_on_Use_of_BR470_in_Soft_Clay.pdf
- Rankka, W., Liedberg, S., Rudebeck, D., & Dehlbom, B. (2022). *Säker uppställning av tunga anläggningsmaskiner*. AB Svensk Byggtjänst.

Svensk Grundläggning. (2020). *Säker arbetsplattform - Riktlinjer*. Stockholm. Hämtad från https://www.svenskgrundlaggning.se/wpcontent/uploads/2020/09/sg-arbetsplattform-v1-0_200616.pdf

Tcheng, Y. (1957). Fondations superficielles en Milieu Stratifié Proc. *Fourth International Conference Soil mechanics Foundation Engineering*, 1, 449–452.

Tempoary works forum. (2019). *Working Platforms – Design of granular working platforms for construction plant – A guide to good practice*. London.