

# Stämpad Spontkonstruktion i Samverkan med Kalk/Cement Pelarskivor



## FÄLTFÖRSÖK AV STÄMPAD SPONT I SAMVERKAN MED K/C PELARSKIVOR

### Background

- Industri Doktorandsprojekt: ”Förstärkning med K/C pelare i direkt skjuvzon och passivzon”

<u>Arbetsgrupp</u>	<u>Tidsplan</u>	<u>Finansiering</u>
Doktorand: Razvan Ignat (80% KTH, 20% Skanska)	Feb. 2012 – Mars 2017	SKANSKA
Handledare: Prof. Stefan Larsson, KTH	Licentiat juni 2015	SBUF
Biträdande handledare: PhD Sadek Baker (Skanska)		TRAFIKVERKET
Biträdande handledare : PhD Sven Liedberg (Skanska)		BIG
		KTH

- Användning av djupstabilisering i passiv zon i samverkan med stödkonstruktioner har använts med goda resultat internationellt (Norge, USA, Japan) för att minska schaktinducerade deformationer och belastning i stödkonstruktioner vid djupa schakter i lös lera.

### Varför används inte metoden i större omfattning i Sverige?

- Begränsad erfarenhet av K/C pelarförstärkning i skjuv och passivzon.
- Anvisningar och råd för dimensionering av djupstabilisering med KC-pelare (TK Geo 13, SD 17) behandlar i huvudsak pelare utsatta för tryckbelastning med avseende på materialegenskaper, samverkan jord - pelare, brottmekanismer.

## FÄLTFÖRSÖK AV STÄMPAD SPONT I SAMVERKAN MED K/C PELARSKIVOR

### Genomförande

#### Del 1: feb.2012- juni 2015

- FEM analyser av lateralt belastade K/C skivor
  - Effekt av svaghetszoner i överlappszone
  - Brottmekanismer
  - Samverkan jord-pelare
  - Viktad 2D "plane strain modell"/ 3D modell
- Labbförsök på K/C stabiliserade provkroppar (UCT/CIUC/CIUE)
- Fältförsök – Spont i samverkan med K/C pelarskivor installerade i passiv zon belastas till brott

#### Del 2: aug. 2015- mars 2017

- Utveckling av teoretisk modell som kan beskriva materialbeteende för K/C stabiliserad lera för både tryck och dragbelastning
- Implementering av modell genom FEM analyser av fältförsök samt "benchmark calculations".

# FÄLTFÖRSÖK AV STÄMPAD SPONT I SAMVERKAN MED K/C PELARSKIVOR

## Provområde

- Oexploaterad markområde i Enköping (Ullunda)
- Fältförsök: April/Juni 2014

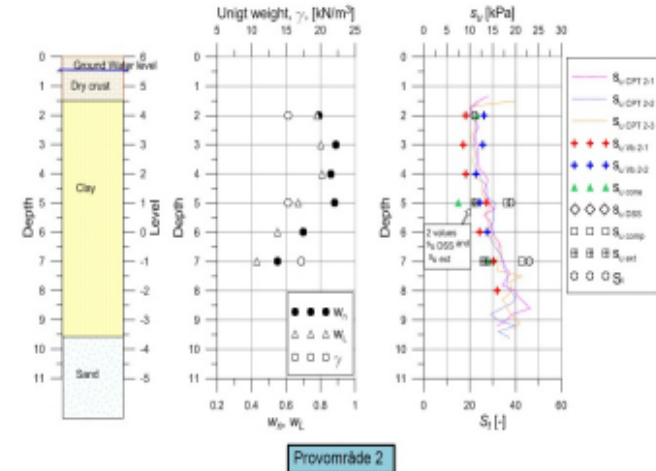
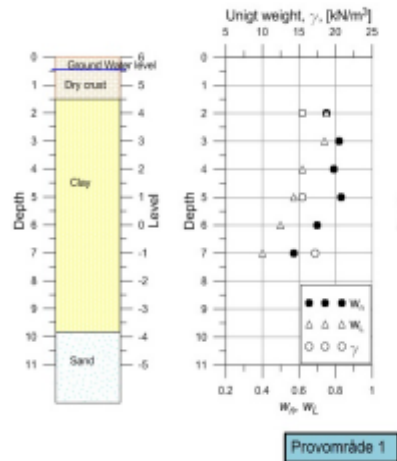
## Geotekniska förhållanden

Fältundersökning: CPT / Vb / Jb<sub>2</sub> / Pp. / Skr. / Kv. provtagning  
 Labbundersökningar: Rutin / CRS / CK<sub>0</sub>UC / CK<sub>0</sub>UE / CUDSS

- Postglacial Le Mäktighet 7-9 m
- Sulfid skiktad Le 2-5 m djup
- Varvig Si/Sa Le 6-9 m djup



Materialegenskaper Lera	
$\rho$	1.55-1.75 t/m <sup>3</sup>
$w_n$	50-90 %
$w_L$	40-80 %
$S_{u,Vb}$	9-16 kPa
$S_t$	20-50
$M_L$	250-600 kPa
<b>OCR</b>	<b>1.5-1.2</b>



# FÄLTFÖRSÖK AV STÄMPAD SPONT I SAMVERKAN MED K/C PELARSKIVOR

## Omfattning

- Test 1: KC skivor c/c = 3.0 m
- Test 2: KC skivor c/c = 1.5 m

## Geometri

### SCHAKT

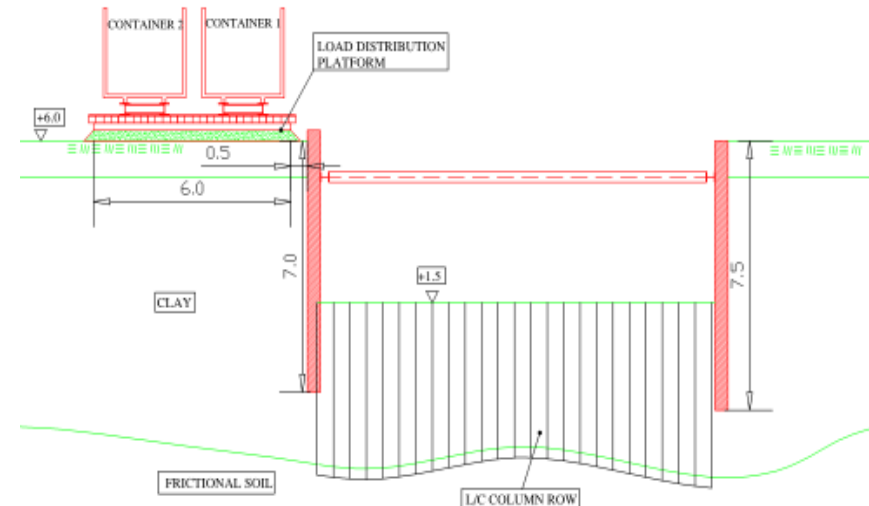
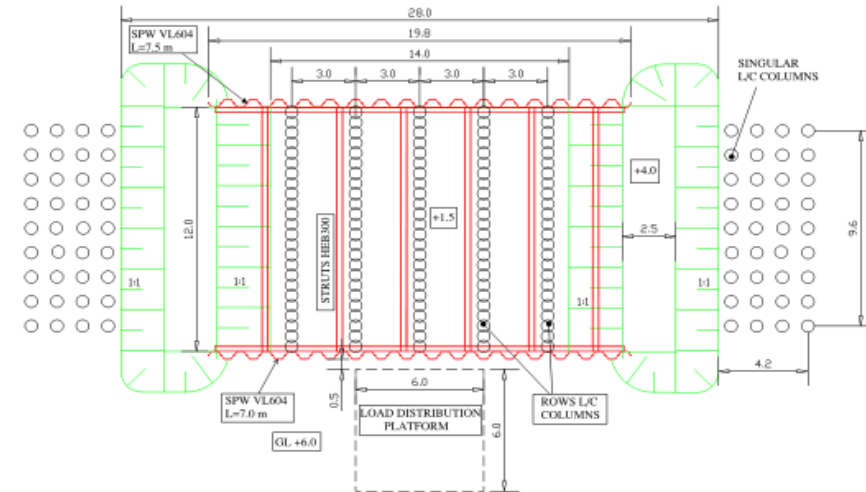
- L x B = 14x12 m vid SB

### SPONT - SKANSKA GRUNDLÄGGNING

- Typ VL604
- $L_{spont}$ : Belastningssida / Mothållssida = 7.0/7.5 m
- H-band: HEB 260
- Stämp: HEB 300 c/c = 3.0 m
- Förankringsnivå 1.0 m under MY

### K/C PELARE - DMIXAB

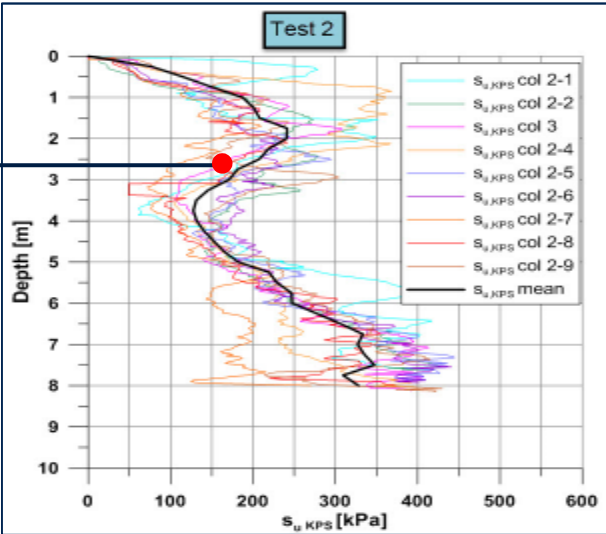
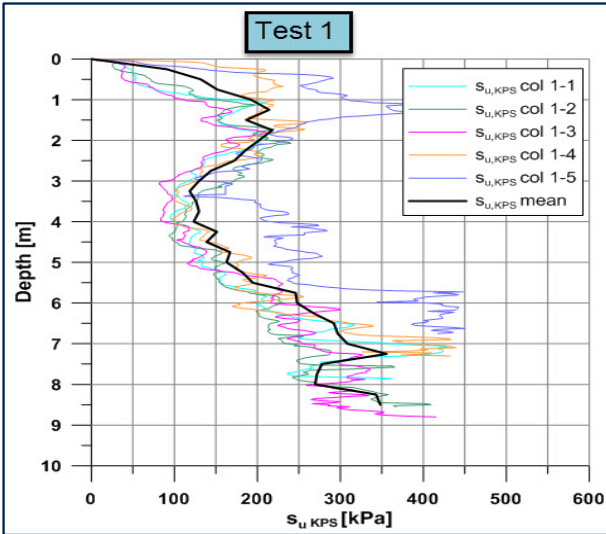
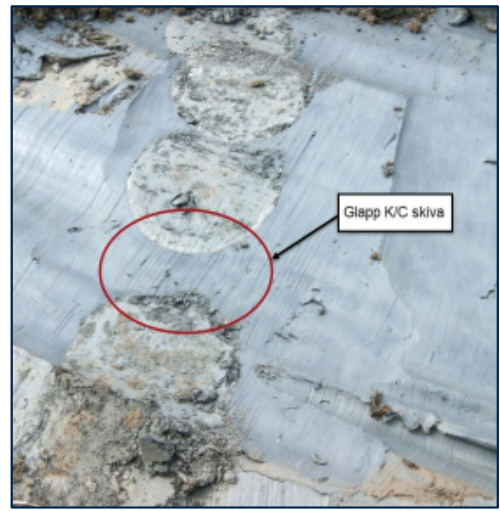
- Kalk/Cement = 50/50; 120 kg/m<sup>3</sup>
- $\varnothing_{pel}$  = 0.6 m
- c/c<sub>pel</sub> = 0.5 m (24pel/skiva)
- Test 1:  $L_{pel}$  = 7.5-9.5 m;  $L_{medel}$  = 8.8 m
- Test 2:  $L_{pel}$  = 8.0-10.4 m;  $L_{medel}$  = 9.0 m



# PROVBELASTNING AV STÅL SPONT FÖRSTÄRKT MED K/C SKIVOR I PASSIV ZON

## Installation av K/C pelare och Kvalitetskontroll

- För att säkerställa kontakt mellan Spont/KC skivor installeras spont direkt efter installation av K/C pelare genom sista pelaren i varje skiva
- KPS sondering 14 pelare: 10-12 d efter installation
- Flertalet glapp mellan pelare i skiva upptäcktes i samband med utförd avschaktning



# FÄLTFÖRSÖK AV STÄMPAD SPONT I SAMVERKAN MED K/C PELARSKIVOR

## Instrumentering

Utförd av **Geometrik och Ingefors Geoteknik**

## Lera/KC pelare

### Aktiv sida:

- 2 Inclinometer
- 2 Jordtrycksceller (5.5+6.5 m)
- 2 Portrycksgivare (3.0 +5.5 m)

### Passiv sida:

- 4 Inclinometer: Le / Pelare
- 4 Jordtrycksceller: Le / Pelare (5.5 m)
- 4 Bälgslangsmätare: Le / Pelare
- 4 Portrycksgivare: Le (5.5+7.0 m)

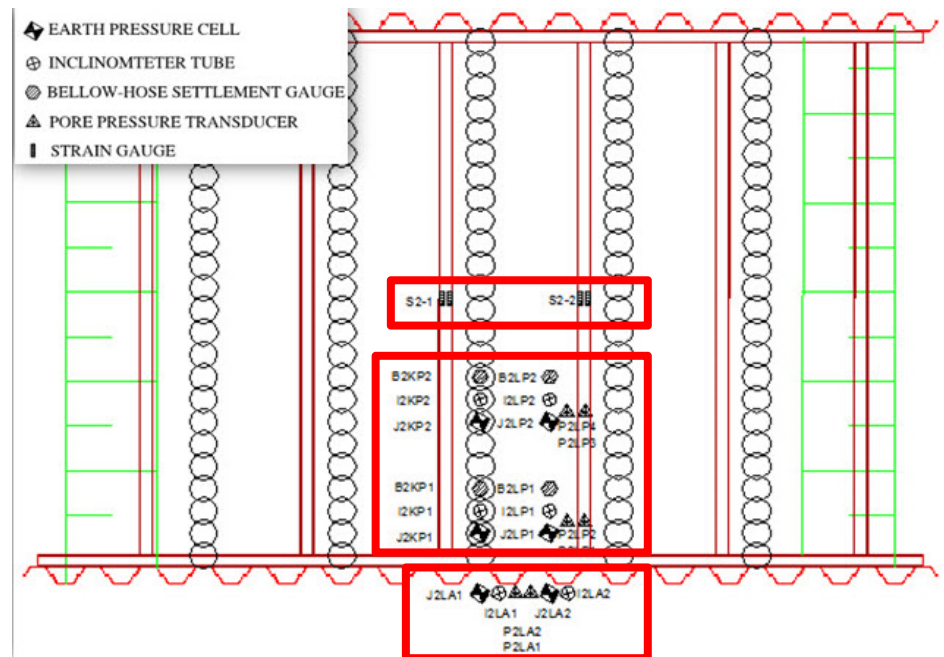
## Stämp

- 8 Töjningsgivare (4/stämp)

## Belastning

- 8 Lastceller (4 /container)

Alla mätinstrument (ej bälgslang) kopplades till data loggrar med automatisk avläsning och överföring till databas



# FÄLTFÖRSÖK AV STÄMPAD SPONT I SAMVERKAN MED K/C PELARSKIVOR

## Utförande

1. Schakt till 2.0 m under bef. MY
2. Montering H-band/Stämp/Töjningsgivare
3. Schakt till 4.0 m under bef. MY över hela ytan
4. Schakt till 4.5 m under bef. MY med undantag av instrumenterad yta
5. Konstruktion av styv lastfördelningsplattform (LDP)
6. Stegvis belastning till brott



2. Montering H-band Test 2



4. Schakt 4.5 m Test 2



5. Konstruktion LPD



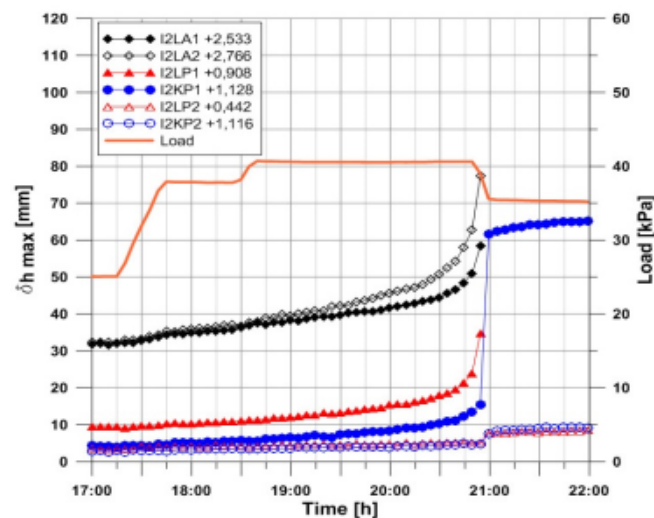
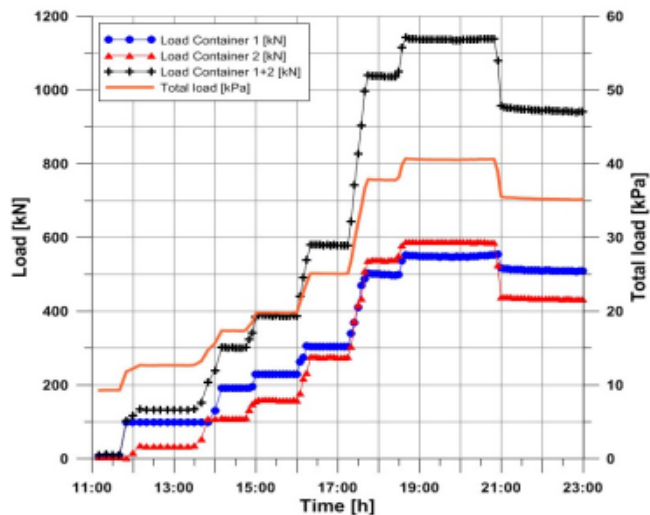
6. Belastning Test 1



# FÄLTFÖRSÖK AV STÄMPAD SPONT I SAMVERKAN MED K/C PELARSKIVOR

## Resultat - Test 1 (c/c = 3.0 m)

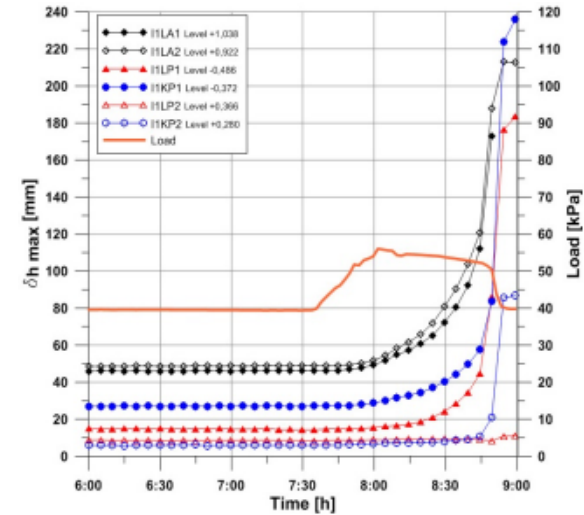
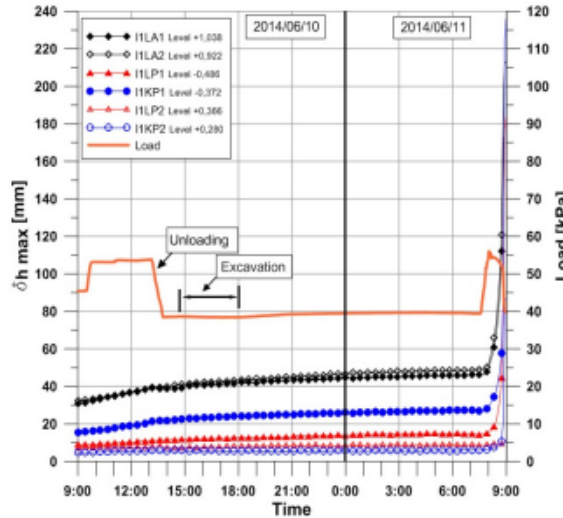
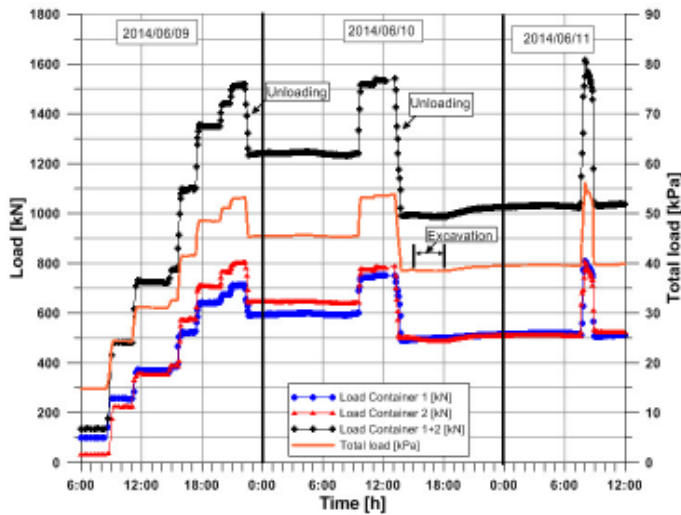
- Tid för att driva konstruktion till brott: 8 h
- Max schaktdjup: 4.5 m
- Total belastning vid brott: 1460 kN (1140 kN container + 320 kN LDP)/ 40.6 kPa



# FÄLTFÖRSÖK AV STÄMPAD SPONT I SAMVERKAN MED K/C PELARSKIVOR

## Resultat - Test 2 (c/c = 1.5 m)

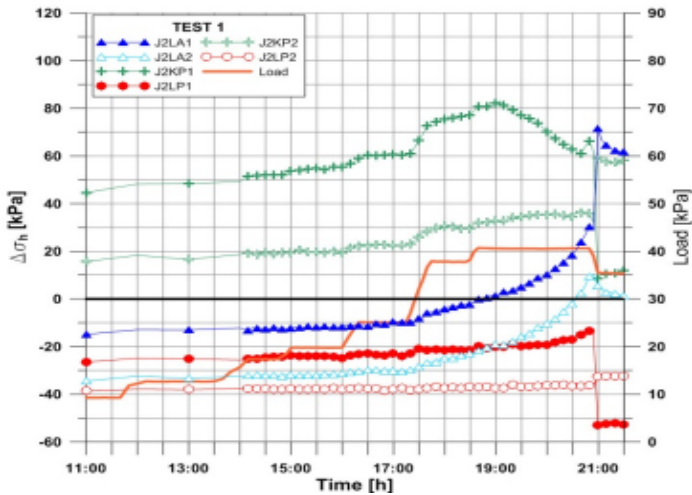
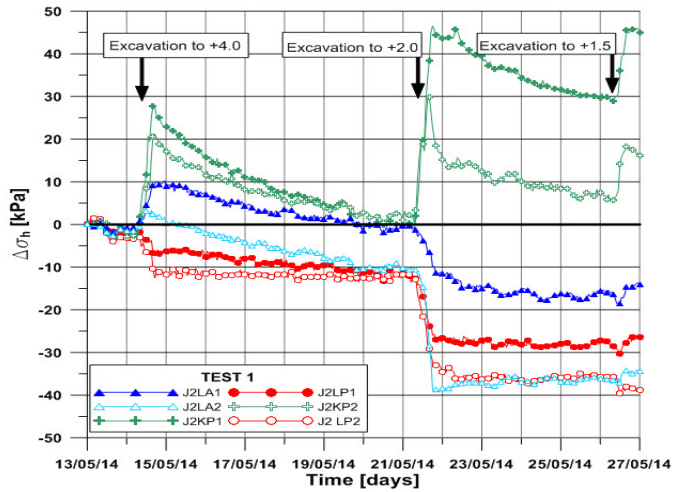
- Tid för att driva konstruktion till brott: 50 h
- Max schaktdjup: 5.0 m
- Total belastning vid brott: 2020 kN (1626 kN container+394 kN LDP)/ 56.1 kPa



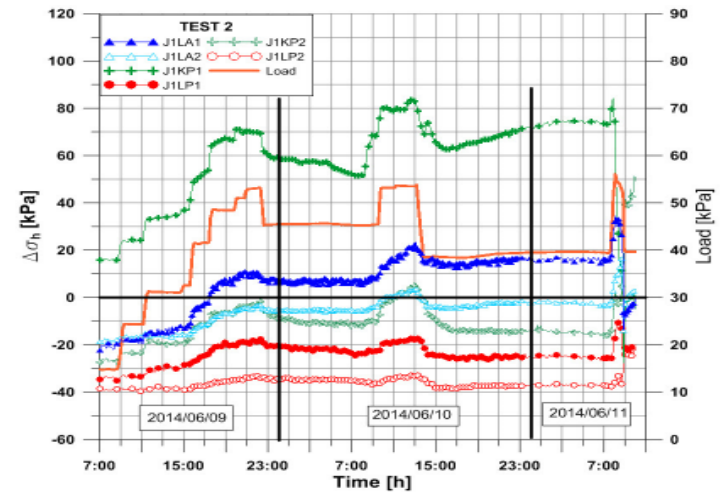
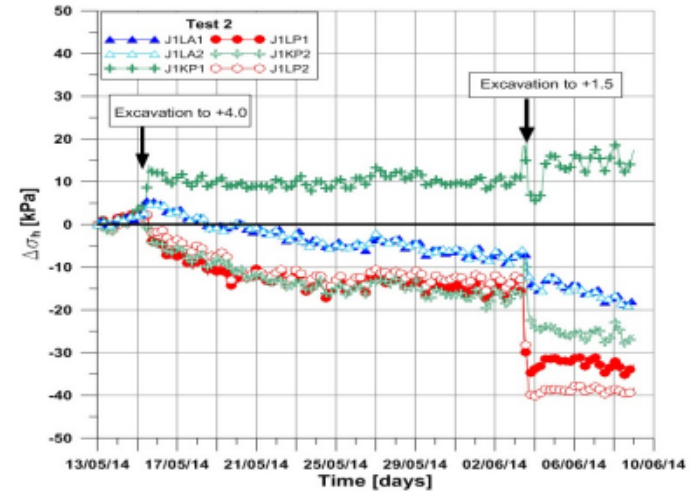
# FÄLTFÖRSÖK AV STÄMPAD SPONT I SAMVERKAN MED K/C PELARSKIVOR

## Resultat – Jordtryck

Test 1 - c/c=3.0 m



Test 2 - c/c=1.5 m



## FÄLTFÖRSÖK AV STÄMPAD SPONT I SAMVERKAN MED K/C PELARSKIVOR

### Slutsatser

- K/C pelarstabilisering utförd som överlappande skivor i passiv zon av en spontkonstruktion signifikant ökar konstruktionens kapacitet mot brott och minskar schakt och last inducerade deformationer i jorden både på aktiv och passiv sida om sponten.
- Schakt och last inducerade tillskottsspänningar överförs till största del till pelarskivorna som fungerar som ”stämp” under schaktbotten.
- Horisontella deformationer i lera/pelare uppmätta på samma nivå/samma avstånd från spont skiljer sig signifikant vid stor c/c avstånd mellan skivor. En minskat c/c mellan pelarskivorna ökar samverkan mellan pelarskivor och leran mellan skivorna.
- Brott i Test 1 (c/c = 3.0 m) initieras i leran mellan K/C skivorna. Brott i Test 2 (c/c = 1.5 m) initieras både i K/C skivor och lera mellan skivorna. Brott i båda provområdena är spröda och sker inom 30 min Test 1 - 60 min Test 2. efter rörelserna börjar accelerera.

**FÄLTFÖRSÖK AV STÄMPAD SPONT I SAMVERKAN MED K/C PELARSKIVOR**

