

Ontlastingsboringen voor de vermindering van de horizontale gronddruk op een brugpeiler te Singapur.

Door ir Jan Maertens, Jan Maertens bvba en ir Marc Van den Broeck, Dredging International.

1. Inleiding.

In Singapur worden sinds enige jaren gigantische landaanwinningen uitgevoerd. Deze vinden enerzijds plaats aan het Zuid-Westelijk uiteinde van het eiland (TUAS) waar nieuwe industrieterreinen worden gecreëerd. Anderzijds worden de bestaande eilanden voor de Zuid-Westelijke kust (JURONG) en waarop vooral petrochemische industrie gevestigd is alsmaar uitgebreid en samengevoegd. In al deze werkzaamheden levert Dredging International via Dredging International Asia Pacific Ltd een zeer belangrijke bijdrage.

In het kader van het Jurong Island Phase 2 contract, dat wordt uitgevoerd in Tijdelijke vereniging met Penta Ocean en Koon, diende de zeearm tussen de eilanden Pulau Seraya en Pulau Ayer Merban (Area 1B) te worden aangevuld (fig 1). In deze zeearm bevond zich een leidingenbrug die de verbinding verzekerde tussen de petrochemische bedrijven die zich op de beide eilanden bevonden (fig. 2).

Tijdens het aanvullen van de zeearm dienden er zeer belangrijke opspuitingen te worden uitgevoerd omheen de pijlen van de leidingenbrug.

2. Samenstelling van de ondergrond.

Ten behoeve van de bouw van de leidingenbrug (PCS-brug genoemd) werden er in 1995 een aantal boringen uitgevoerd t.p.v. de pijlen en landhoofden. De resultaten van deze boringen moesten vooral toelaten om de aanzetdiepte vast te leggen van de stalen palen, nodig voor de fundering van de pijlers en de landhoofden.

De ondergrond ter plaatse van de leidingenbrug is als volgt samengesteld:

- slappe mariene klei
- verweringsgrond (soort stijve klei)
- volledig verweerde zandsteen
- verweerde zandsteen

Ten behoeve van de landaanwinning werd er ter plaatse van de leidingenbrug geen aanvullend grondonderzoek uitgevoerd.

3. Leidingenbrug.

De PCS-leidingenbrug bestaat uit 6 overspanningen met een lengte van 59 à 70 m en 1 overspanning met een lengte van 150m. De korte overspanningen bestaan uit vakwerkliggers en de grote overspanning uit een boogelement. Elke overspanning is opgevat als een isostatische ligger die aan de ene kant is voorzien van een vaste oplegging en aan de andere kant van een oplegging (fig.3).

De pijlers van de brug zijn gefundeerd op stalen palen. De gegevens betreffende deze palen zijn weergegeven onderstaande in tabel.

	Diameter (mm)	Wanddikte (mm)	Aantal palen	Aanzetpeil (m ACD)
Landhoofd 1	813	14	4	-24,5
Pijler 1	1016	19	6	-31,5
Pijler 2	1016	19	6	-26,9
Pijler 3	1016	19	6	-23,0
Pijler 4	1219	19	8	-19,1
Pijler 5	1219	19	8	-26,5
Pijler 6	1016	19	6	-25,0
Landhoofd 2	813	14	4	-21,8

De brug werd eind 1995 en begin 1996 gebouwd en in dienst genomen in 1997.

4. Aanvulling omheen de leidingenbrug.

- a) Eisen gesteld door de ontwerper van de brug:
Door de ontwerper van de brug werd gesteld dat de aanvullingen omheen de pijler van de brug zodanig dienden te worden uitgevoerd dat er tussen de 2 kanten van de brug nooit een niveauverschil van meer dan 2m zou bestaan. Dit betekent dat de aanvulling mocht worden uitgevoerd in slagen van 4m met dienverstande dat er wordt aangevuld van -2m tot +2m t.o.v. het aanvullingspeil langs de andere kant van de pijler.
- b) Uitvoering van de aanvulling:
De aanvulling in de omgeving van de pijlers werd uitgevoerd in opeenvolgende fasen:
- in de eerste plaats werden lokale overdiepten aangevuld in lagen met een dikte van 2m.

- daarna werd er tot peil +1,5m ACD verder gelijkmatig aangevuld in lagen met een dikte van 2m en met behulp van een sproeiponton.
- vervolgens werd er opgespoten vanaf de landaanwinning.

In eerste instantie werd alleen de zone in de omgeving van de pijlers P1 tot en met P4 aangevuld omdat er tussen landhoofd 1 en pijler en afvoerkanaal (drain) diende te worden aangelegd.

c) Controlemetingen:

Tijdens de aanvulling werden de volgende metingen uitgevoerd:

- systematisch opmeten van de positie van de pijlers in x, y en z. Deze meting werd uitgevoerd met behulp van een precisie theodoliet.
- opmeten van de positie van de glij-opleggingen van de brug.

Van de resultaten van de aldus uitgevoerde metingen kon worden afgeleid dat er zich tijdens de aanvulling met het sproeiponton tot peil +1,50 maar beperkte bewegingen hebben voorgedaan (max. verplaatsing = 15mm). Door de verdere aanvulling vanop de landaanwinning zijn de verplaatsingen toegenomen tot in totaal ca 30mm.

De verplaatsingen opgemeten tijdens de uitvoering van de aanvulling hebben op zich geen aanleiding gegeven tot ongerustheid. Deze is er gekomen toen bleek dat na het aanbrengen van de aanvulling de verplaatsingen bij een aantal pijlers bleven toenemen.

5. Evolutie van de verplaatsingen na het beeindigen van de aanvulling.

Na het aanbrengen van de aanvulling werden de controlemetingen verder doorgevoerd. Van de aldus uitgevoerde metingen kon worden afgeleid dat tijdens de periode 31/3/98 - 4/9/98 zich nog de volgende bijkomende verplaatsingen hadden voorgedaan.

Pijler 1:

- verplaatsing met 32mm naar de zee toe
- verplaatsing met 21mm richting Landhoofd 1

Pijler 2:

- verplaatsing met 4mm naar het land toe
- verplaatsing met 5mm naar Pijler 1

Pijler 3 en 4:

- verplaatsing van max. 2mm, hetgeen overeenstemt met de meetnauwkeurigheid.

De evolutie van de stand van de glij-opleggingen is weergegeven in fig. 4.

Voor de periode 31/3/98 - 4/9/98 bedraagt de verplaatsing van Pijler 1 21mm (van -20 tot -41) in de richting van Landhoofd 1. De verplaatsing van Pijler 2 bedraagt 26 - 21 = 5mm in de richting van Pijler 3.

Voor de verplaatsing van de Pijler P1 naar het Landhoofd 1 toe was een verklaring voorhanden omdat er in de nabijheid van Pijler 1 dampplanken en zandpalen (voor grondverdichting) waren geplaatst ten behoeve van de aanleg van een afwateringskanaal (drain). Voor de verplaatsing volgens de andere richting was er evenwel geen duidelijke verklaring.

Ten behoeve van de bouw van het afwateringskanaal had de onderaannemer een inclinometer geplaatst nabij de Pijler 1. Van de aflezing van deze inclinometer kon worden afgeleid dat de verplaatsingen ten gevolge van de werken voor de bouw van het afwateringskanaal slechts 6 à 7mm bedroegen. In de periode daarna werden evenwel verplaatsingen opgemeten die tot 75mm bedroegen (richting Landhoofd 1) en tot 28mm (richting zee).

Van deze informatie kan worden afgeleid dat de verplaatsing van de brugpijler duidelijk kleiner is dan deze van de omliggende grond.

6. Bijkomend grondonderzoek.

Ten einde nadere informatie te verkrijgen betreffende de samenstelling van de ondergrond werden er in de zone van de Pijler 1 tot P4 een aantal diepsonderingen uitgevoerd. Daaruit kon worden afgeleid dat de dikte van de slappe mariene klei zeer variabel was. Op bepaalde plaatsen bedroeg de dikte van de slappe mariene klei meer dan 10m. Op andere plaatsen werden nagenoeg geen slappe mariene klei aangetroffen. In de omgeving van Pijler 1 varieerde de dikte van de slappe mariene klei tussen 7m en 1m (fig. 5). De tussenafstand tussen de sonderingen bedroeg ca 20m.

De zeer snelle variatie van de dikte van de slappe mariene kleien moet wellicht worden toegeschreven aan de grondverbeteringswerken die in de omgeving werden uitgevoerd en waarbij grote hoeveelheden slappe klei werden verplaatst tijdens het aanbrenge van zandpalen met een grotere diameter

voor de verbetering van de grond onder de aan te leggen taluds. Verder zouden er zich vroeger bij de aanleg van taluds in de omgeving van Landhoofd 1 ook afschuivingen hebben voorgedaan.

7. Verklaring van de vastgestelde bijkomende verplaatsingen na het aanbrengen van de aanvulling.

Van de resultaten der uitgevoerde sonderingen kan worden afgeleid dat de oorzaak van de bijkomende verplaatsingen na het aanbrengen van de aanvulling moet worden toegeschreven aan de consolidatie van de slappe mariene kleien met sterk wisselende dikte. Als gevolg van deze consolidatie doen er zich niet alleen belangrijke verplaatsingen voor volgens de verticale richting maar eveneens niet te verwaarlozen verplaatsingen volgens de horizontale richting. Bevestiging daaromtrent werd verkregen door het uitvoeren van een relatief eenvoudige berekening met het programma Plaxis (fig. 6).

8. Uitvoering van ontlastingsboringen.

Als mogelijke maatregel ten einde te voorkomen dat er zich nog bijkomende verplaatsingen van de Pijler 1 zouden voordoen werd in eerste instantie gedacht aan het aanbrengen van schermen (bv. met jet-grouting of damplanken) en het wegnemen van grond binnen deze schermen.

Uiteindelijk werd een oplossing weerhouden waarbij ontlastingsboringen werden uitgevoerd ten einde de horizontale gronddrukken op de Pijler 1 te verminderen en zo mogelijk de pijler een verplaatsing in de tegenovergestelde richting te doen ondergaan.

In totaal werden er 150 ontlastingsboringen uitgevoerd met behulp van een avegaar \varnothing 400mm. 74 boringen werden in eerste instantie uitgevoerd langs de landzijde van de brug en daarna 76 langs de zeezijde. De verplaatsingen van de brugpijler 1 ingevolge deze onlastingsboringen bedroegen:

17 à 19mm in de richting van Pijler 2

6 à 7mm in de richting van de zee.

De teweeggebrachte verplaatsingen waren eveneens duidelijk merkbaar aan de verschuivingen in de glij-oplegging van de brug (fig. 7).

De verplaatsing van de brugpijler 1 ingevolge de uitvoering van de ontlastingsboringen was aanzienlijk kleiner dan deze van de omliggende grond opgemeten met behulp van een inclinometer. De met deze inclinometer aan het grondoppervlak opgemeten horizontale verplaatsing bedroeg 100 à 160mm.

Van fig. 7 kan worden afgeleid dat na de uitvoering van de ontlastingsboringen de oorspronkelijke beweging zich heeft verder gezet. In maart '99 werd de verplaatsing van Pijler 1 versneld door de bouw van het afwateringskanaal onder de brug.

9. Besluit.

Door het uitvoeren van ontlastingsboringen kon aan de pijler van een leidingenbrug te Singapur een duidelijke verplaatsing worden opgelegd. Na het beeindigen van de boringen heeft de oorspronkelijke beweging zich evenwel opnieuw ingesteld zodat alleen een vertraging van de beweging werd verkregen.

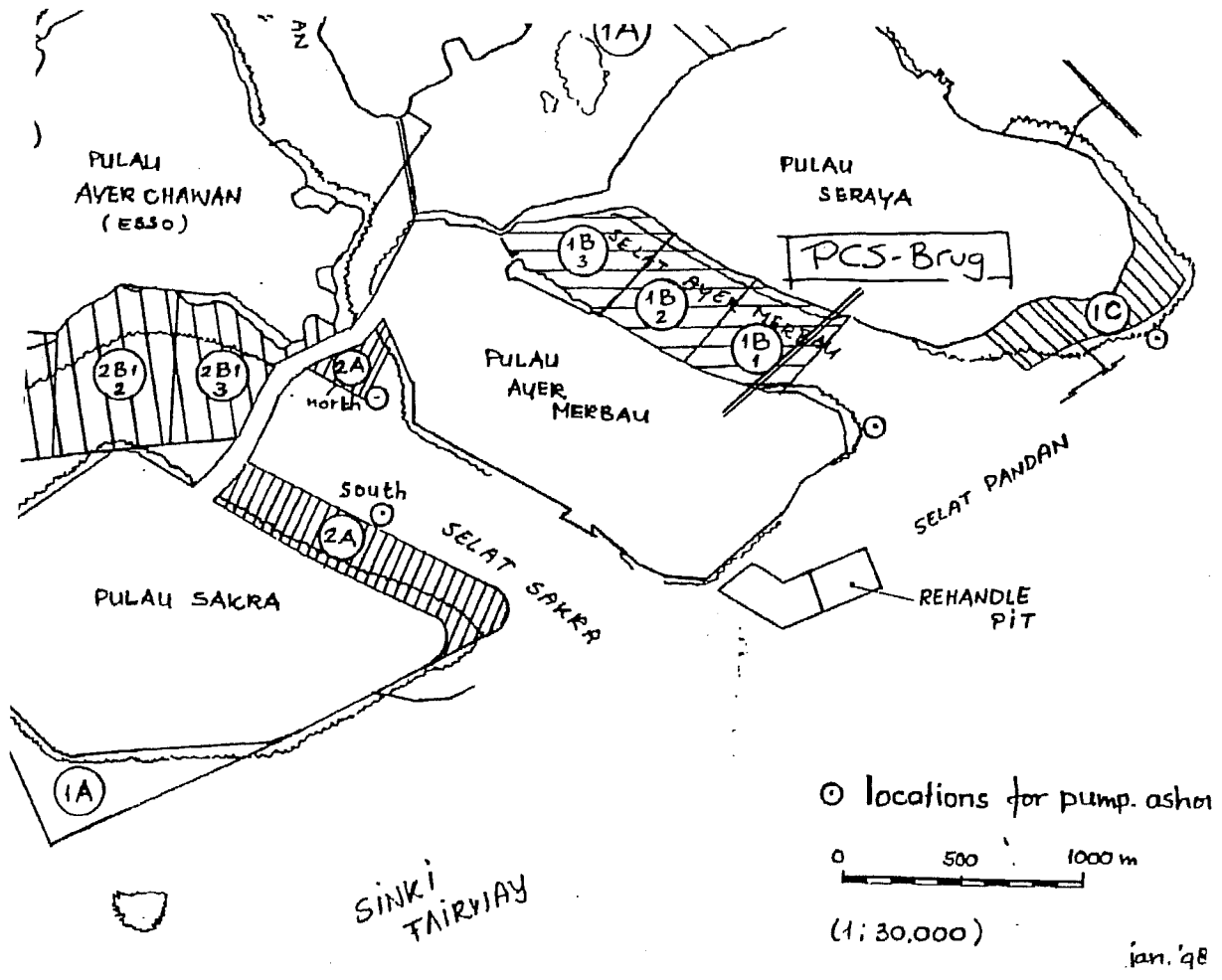


Fig. 1



Fig. 2

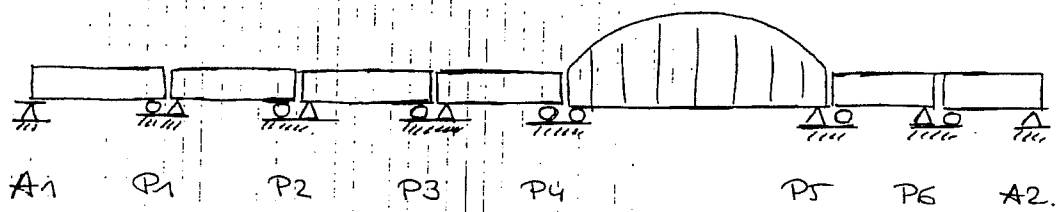


Fig. 3

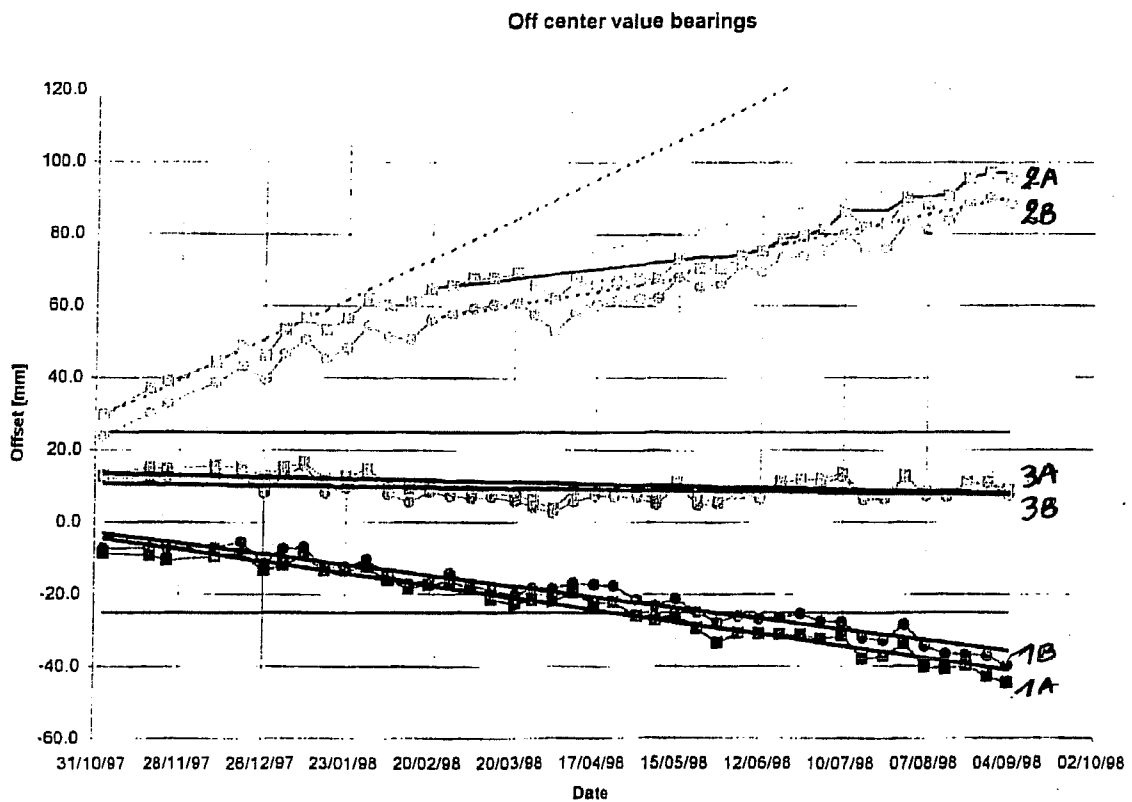


Fig. 4

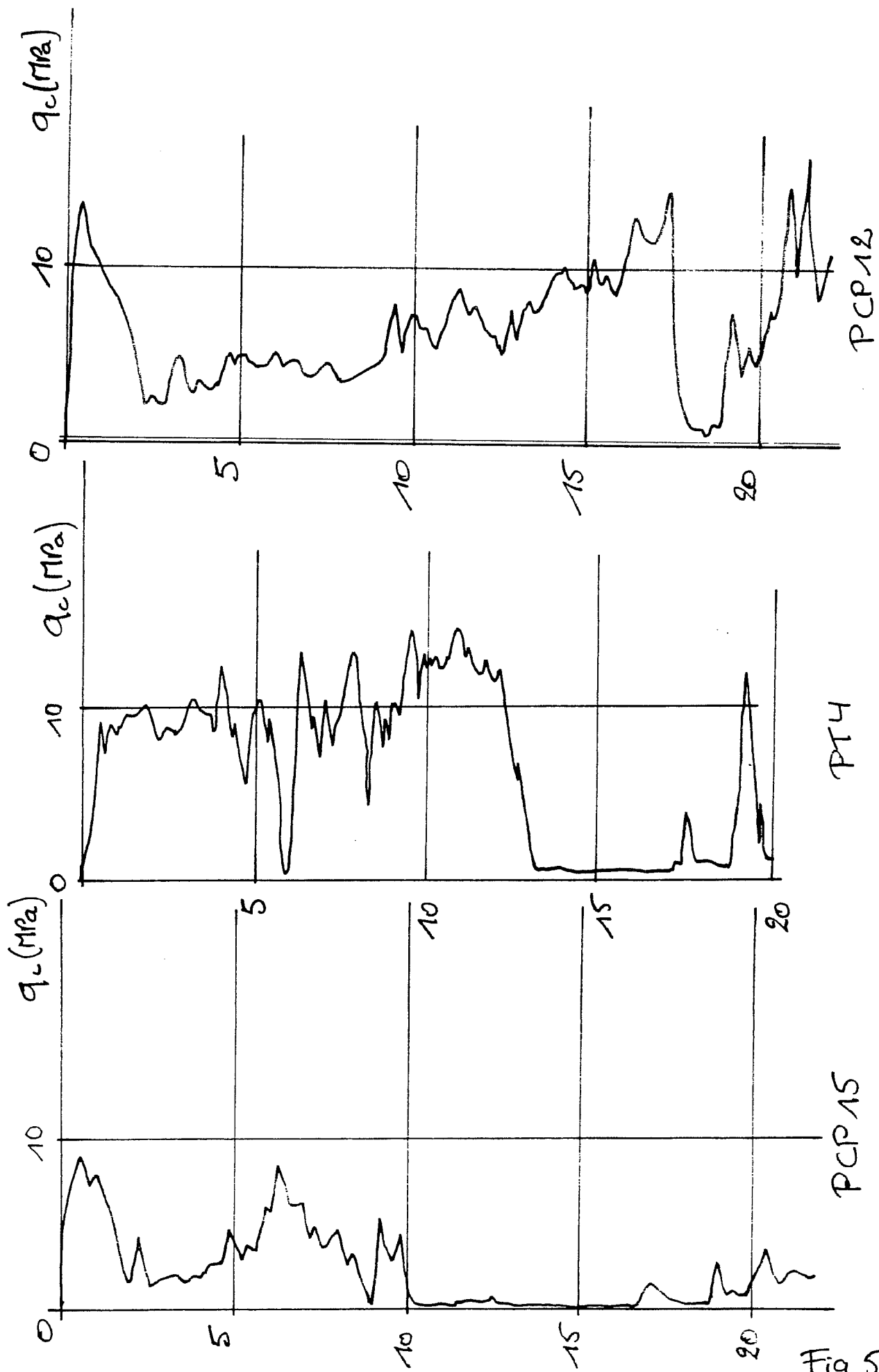
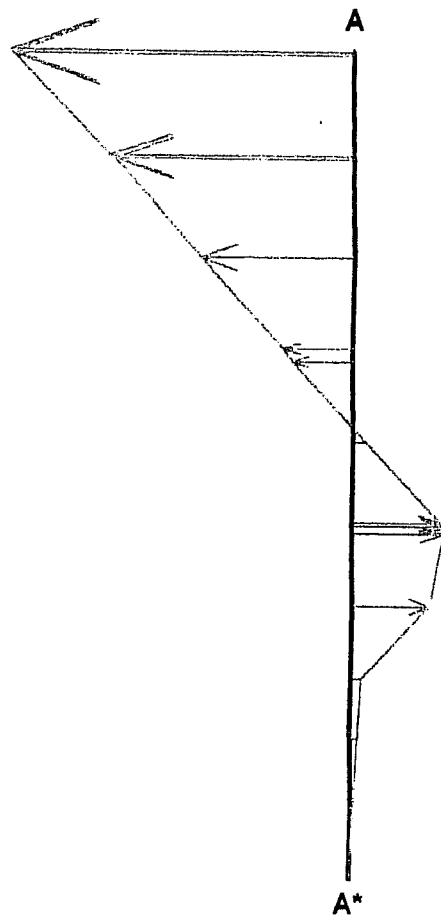
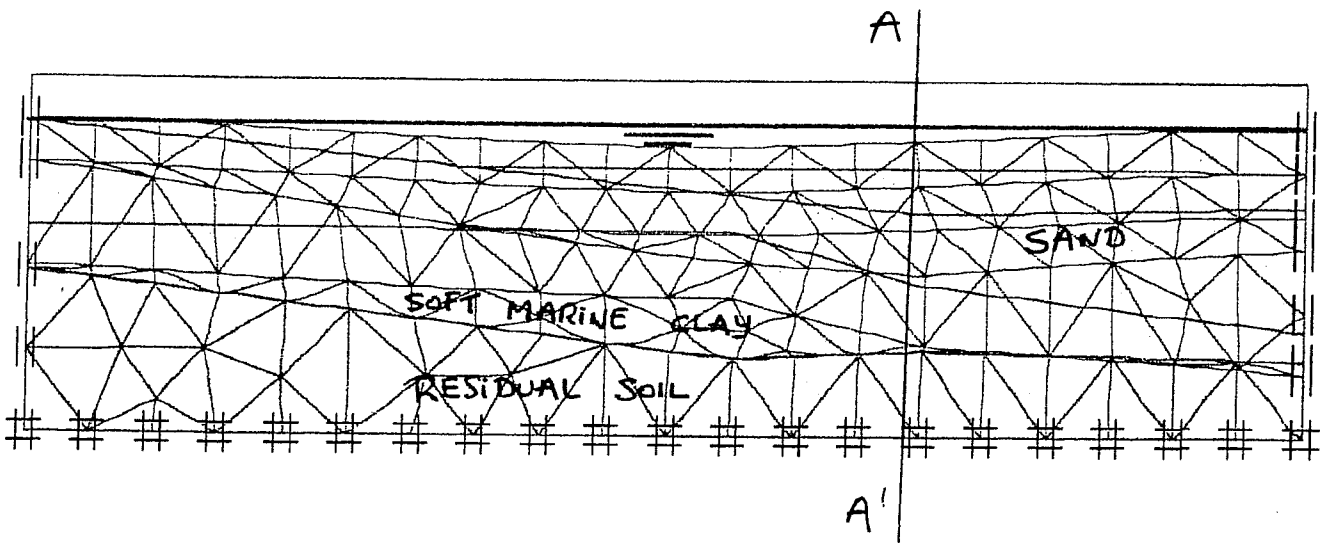


Fig. 5



Horizontal displacements
 Extreme horizontal displacement $-38,77 \cdot 10^{-3}$ m

Fig. 6

Off center value bearings

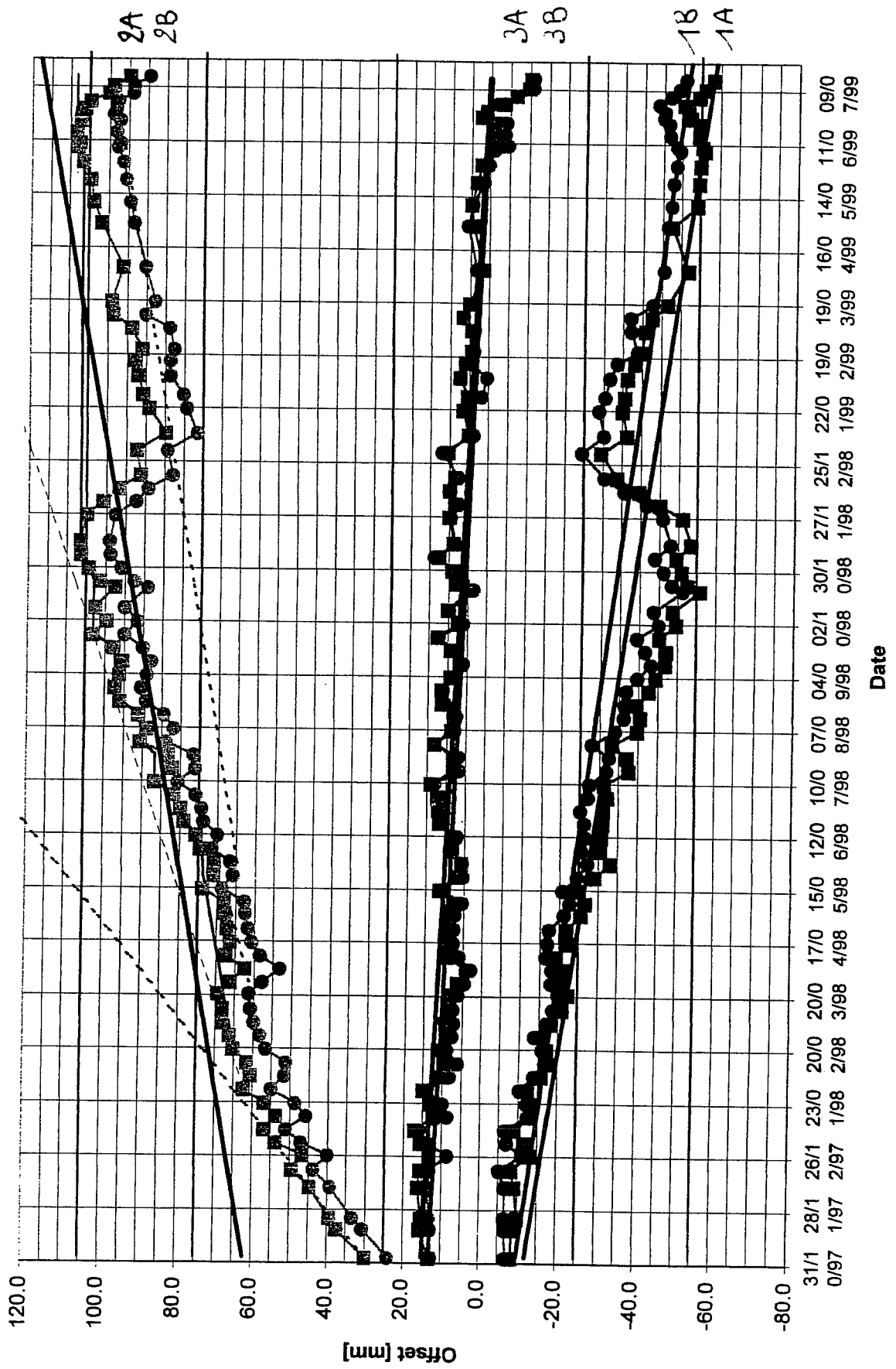


Fig.7