

Dynamische plaatproeven voor de controle van grond- en beddingswerken bij de aanleg van de HSL.

door J. Maertens en W. Moortgat, TUC RAIL, Brussel.

1. Inleiding.

Ten behoeve van de controle van de grond- en beddingswerken tussen Lembeek en Brussel heeft TUC RAIL een apparaat aangekocht voor het uitvoeren van dynamische plaatproeven. T.o.v. de klassieke statische plaatproeven biedt het uitvoeren van dynamische plaatproeven de volgende voordelen:

- er is geen tegengewicht nodig
- de uitvoering verloopt veel sneller (3 à 4 min. per proef i.p.v. 30 min. à 1 uur)
- de proef is ook uitvoerbaar op moeilijk toegankelijke plaatsen.

Ten einde de bruikbaarheid aan de verkregen resultaten na te gaan werden er een aantal vergelijkende proeven uitgevoerd.

2. Beschrijving van het apparaat.

Het aangebrachte apparaat is van het type HMP - LFG - SD van ELE. Het bestaat uit volgende delen (cfr.fig.1):

- een plaat
- een valgewicht en een speciaal ontwikkeld aambeeld
- een geleidingsstang en een vergrendeling
- registreerapparatuur.

De plaat heeft een diameter van 300 mm en een dikte van 20 mm, een gewicht van 15 kg en is onderaan goed vlak afgewerkt. De plaat is voorzien van een opzetstuk waarop het aambeeld kan geplaatst worden. In dit opzetstuk is een versnellingsmeter ingebouwd waarmee de verplaatsing van de plaat wordt opgemeten.

De belasting op de plaat wordt uitgeoefend door middel van een gewicht met een massa van 10 kg dat beweegt langsheen de geleidingsstang. De valhoogte bedraagt 1 m en het gewicht valt op een aambeeld. De impactkracht bedraagt dan 7,07 kN en de gemiddelde belasting onder de plaat 0,1 MN/m².

Het aambeeld is voorzien van een verend element dat wordt afgesteld ten einde een belastingsduur van $18 \text{ ms} \pm 2 \text{ ms}$ te verkrijgen (cfr.fig.2). Dergelijke belastingsduur is van dezelfde grootte-orde als de duur van de belasting uitgeoefend door een rijdend voertuig.

3. Uitvoering van de proef.

Bij de aanvang van de proef wordt de plaat op het grondoppervlak gepositioneerd. Het is daarbij vooral van belang dat er een zo goed mogelijk contact ontstaat tussen de plaat en de ondergelegen grond. Indien deze grond uit steenslag bestaat wordt er eerst op het grondoppervlak een laag droog of aardvochtig zand aangebracht en wel op een zodanige wijze dat alle onregelmatigheden van het oppervlak juist worden opgevuld.

Na het aanbrengen van de plaat wordt het aambeeld op het opzetstuk van de plaat gepositioneerd. De geleidingsstang wordt daarna zo vertikaal mogelijk geplaatst. Door middel van een ontgrendelingsmechanisme laat men daarna het gewicht vallen. Na het contact met het aambeeld wordt het gewicht opgevangen en opnieuw vastgezet met het vergrendelingsmechanisme.

Als voorbereiding tot de eigenlijke proef worden er drie slagen gegeven. De eigenlijke proef welke daarna wordt doorgevoerd bestaat eveneens uit drie slagen. De zakking van de plaat wordt daarbij voor elke slag opgemeten en de gemiddelde zakking wordt bepaald.

De dynamische vervormingsmodulus van de grond E_{vd} wordt dan verkregen met de uitdrukking:

$$E_{vd} = \frac{1,5.r.\sigma}{s}$$

met r = de straal van de plaat = $0,15 \text{ m}$

σ = de uitgeoefende belasting = $0,1 \text{ MN/m}^2$

s = de gemiddelde zakking van de plaat

$$\text{of } E_{vd} = \frac{22,5}{s} \quad (\text{in } \text{MN/m}^2)$$

De resultaten van de uitgevoerde proeven worden automatisch gestockeerd (tot 120 proeven van telkens 3 slagen). De aldus gestockeerde gegevens kunnen later met

behulp van een mini printer worden uitgedrukt (cfr. voorbeeld van fig.3) of worden overgezet op een PC voor verdere verwerking.

4. Toepassingsvoorbeeld: Proeven op een laag steenslag 0/56 te Lembeek.

Te Lembeek werden een aantal proeven uitgevoerd op een laag steenslag 0/56 in de aanloophelling naar het viadukt. De ondergrond bestaat uit een laag met cement gestabiliseerde grond en kan dus aanzien worden als een zeer stijve ondergrond.

Volgende proeven werden uitgevoerd:

- statische plaatproef met plaat \varnothing 15,96 cm op laag 0/56 van 30 cm dikte
- dynamische plaatproef op laag 0/56 van 30 cm dikte
- statische plaatproef met plaat \varnothing 30,91 cm op laag 0/56 van 60 cm dikte
- dynamische plaatproef op laag 0/56 van 60 cm dikte
- dynamische plaatproef op laag 0/56 van 60 cm dikte en op de plaats waar eerder een statische plaatproef werd uitgevoerd met plaat \varnothing 30,91 cm.

Verkregen resultaten:

- Statische plaatproef met plaat \varnothing 15,96 cm op laag 0/56 van 30 cm dikte

Druk (MPa)	Zetting (mm)	Δ (mm)	M_E (MPa)
0,05	0,10		
		0,47	34
0,15	0,57		
		0,38	42
0,25	0,95		
		0,34	47
0,35	1,29		
		0,26	61
0,45	1,55		
		0,23	69
0,55	1,78		

Voor de stap van 0,25 tot 0,35 MPa heeft men $M_E = 47$ MPa.

- Dynamische plaatproef op laag 0/56 van 30 cm dikte
 $M_{E,d} = 66,2$ MPa.

- Statische plaatproef met plaat \varnothing 15,96 cm op een laag 0/56 van 60 cm dikte

Druk (MPa)	Zetting (mm)	Δ (mm)	M_E (MPa)
0,05	0,09		
		0,29	55
0,15	0,38		
		0,23	69
0,25	0,61		
		0,18	89
0,35	0,79		
		0,16	100
0,45	0,95		
		0,14	106
0,55	1,09		

Voor de stap van 0,25 tot 0,35 MPa heeft men $M_E = 89$ MPa.

Bij de herbelasting verkreeg men voor de stap van 0,25 tot 0,35 MPa de waarde $M_E = 319$ MPa.

- Statische plaatproef met een plaat \varnothing 30,91 cm op een laag 0/56 van 60 cm dikte

Druk (MPa)	Zetting (mm)	Δ (mm)	M_E (MPa)
0,05	0,14		
		0,39	79
0,15	0,63		
		0,34	91
0,25	0,97		
		0,31	100
0,35	1,28		
		0,26	119
0,45	1,54		

Voor de stap van 0,25 tot 0,35 MPa heeft men $M_E = 100$ MPa.

Bij herbelasting verkreeg men voor de stap van 0,25 tot 0,35 MPa de waarde $M_E = 343$ MPa.

- Dynamische plaatproef op een laag 0/56 van 60 cm dikte
 $M_{E,d} = 77,6$ MPa.

- Dynamische plaatproef op een laag 0/56 van 60 cm dikte
en op de plaats waar eerder de statische plaatproef met
een plaat $\varnothing 30,91$ cm was uitgevoerd!

$$M_{E,d} = 93,8 \text{ MPa}$$

Overzicht:

- Laag 30 cm dikte

Statische plaatproef $M_E = 47$ MPa

Dynamische plaatproef $M_{ed} = 66$ MPa

- Laag 60 cm dikte

Statische plaatproef ($\varnothing = 15,96$ cm) $M_E = 89$ MPa

Statische plaatproef ($\varnothing = 30,91$ cm) $M_E = 100$ MPa

Dynamische plaatproef $M_{ed} = 78$ Mpa

5. Andere vergelijkende proeven.

a) Lembeek = Grondaanvulling:

Statische plaatproef

Dynamische plaatproef

$M_E = 29$ MPa

$M_{E,d} = 30$ MPa

= 28 MPa

= 28 MPa

= 15 MPa

= 18 MPa

= 19 MPa

= 21 MPa

= 24 MPa

= 26 MPa

= 9 MPa

= 9 MPa

b) Bierbeek = aanvulling met Brusseliaans zand:

Statische plaatproef

Dynamische plaatproef

$M_E = 26$ MPa

$M_{E,d} = 28$ MPa

= 13 MPa

= 15 MPa

c) Lot = aanvulling bestaande uit assen, leem en zand vermengd met 6 % cement. De proeven werden uitgevoerd binnen de 24 uur na de verdichting.

Statische plaatproef

Dynamische plaatproef

$M_E = 177$ MPa

$M_{E,d} = 102$ MPa
= 98 MPa

d) Vorst Zuid = bedding bestaande uit 60 cm draineerzand en 30 cm onderlaag 0/40.

Statische plaatproef

Dynamische

tss 0,05 en 0,15 MPa

tss 0,15 en 0,25 MPa

plaatproef

$M_E = 53,2$ MPa
= 43 MPa
= 45,6 MPa

$M_E = 100$ MPa
= 67 MPa
= 67 MPa

$M_{E,d} = 57,7$ MPa
= 44,1 MPa
= 48,9 MPa

e) Beersel = bedding bestaande uit 40 cm 20/40 en 25 cm 0/25

Statische plaatproef

Dynamische

tss 0,05 en 0,15 MPa

tss 0,15 en 0,25 MPa

plaatproef

$M_E = 26$ MPa
= 45 MPa

$M_E = 72$ MPa
= 91 MPa

$M_{E,d} = 24$ MPa
= 37 MPa

f) Ruisbroek = bedding bestaande uit onderlaag 0/40 met sterke ontmenging.

Statische plaatproef

Dynamische plaatproef

$M_E = 64$ MPa
= 80 MPa
= 100 MPa
= 94 MPa
= 123 MPa
= 133 MPa
= 123 MPa

$M_{E,d} = 30$ MPa
= 40 MPa
= 28 MPa
= 25 MPa
= 53 MPa
= 46 MPa
= 66 MPa

Van de resultaten van de uitgevoerde vergelijkende proeven kan worden afgeleid:

- voor funderingszand en grondaanvullingen welke systematisch worden verdicht in lagen van ca 30 cm zijn

de M_E -waarden afgeleid met de statische en de dynamische plaatproef goed vergelijkbaar

- voor Brusseliaans zand dat systematisch werd verdicht bij een natuurlijk watergehalte zijn de M_E -waarden afgeleid met beide methoden eveneens goed vergelijkbaar. Wanneer het zand uitgedroogd is zijn beide proeven niet uitvoerbaar (oppersing aan de randen)

- bij een onderlaag 0/40 zijn de M_E -waarden bepaald met de dynamische plaatproef enigszins vergelijkbaar met de M_E -waarden afgeleid voor de eerste stap (0,05 à 0,15 MN/m²) van de statische plaatproef. De normaal afgeleide M_E -waarden (voor de stap van 0,15 tot 0,25 MN/m²) zijn dan meestal aanzienlijk groter

- bij steenslag of bij een ontmengde onderlaag zijn de resultaten van de dynamische plaatproef erg wisselvallig.

6. Besluit.

De dynamische plaatproef is een efficiënt hulpmiddel gebleken voor de controle van de grond- en beddingswerken welke in het kader van de HSL werden uitgevoerd tussen Lembeek en Brussel. Doordat de proef veel sneller verloopt dan de gewone statische plaatproef is het veel gemakkelijker om de homogeniteit van de gerealiseerde verdichting te controleren. De dynamische plaatproef kan ook worden uitgevoerd op moeilijk toegankelijke plaatsen.

Voor systematisch verdichte gronden zijn de waarden van de vervormingsmodulus afgeleid met de statische en dynamische plaatproef goed vergelijkbaar. Voor steenslag 0/40 is de waarde van de vervormingsmodulus bepaald met de dynamische plaatproef enigszins vergelijkbaar met deze afgeleid voor de eerste stap van de statische plaatproef.

Voor gewone steenslag en bij ontmenging van steenslag zijn de resultaten van de dynamische plaatproef erg wisselvallig. Deze proef is voor de eigenlijke controle van dergelijke beddingen dan ook niet geschikt. Door de snelheid van uitvoering blijft het wel een goed hulpmiddel om de homogeniteit van een verdichting te controleren en om bv. na te gaan in welke mate verdere verdichting zinvol is.

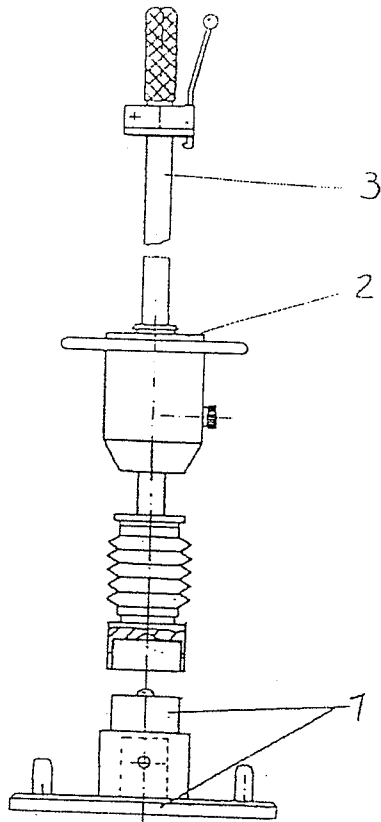


fig. 1

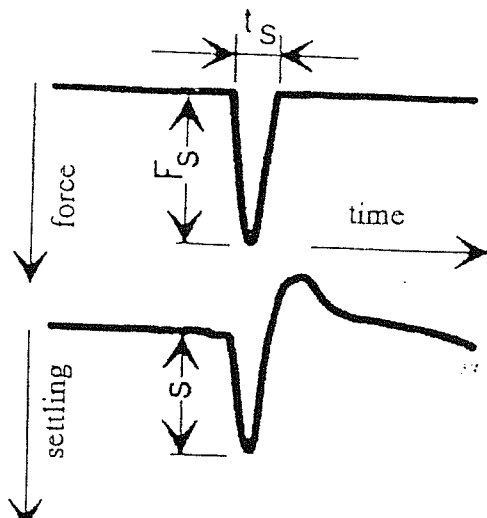


fig. 2

DYNAMIC PLATELOAD
TESTING
TP BF-Stb. PART B8.3
DEVICE: HMP LFG-SD

PERSON:

TESTDATE/TIME:

WEATHER/TEMPERATURE:

PROJECT:

TEST SURFACE/LAYER:

No.: 1.....
S1[mm] S2[mm] S3[mm]
0.35 0.35 0.32

EVALUATION:
Sm = 0,34 mm
Evd = 66,2 MN/m²

No.: 2.....
S1[mm] S2[mm] S3[mm]
0.29 0.29 0.28

EVALUATION:
Sm = 0,29 mm
Evd = 77,6 MN/m²

No.: 3.....
S1[mm] S2[mm] S3[mm]
0.24 0.25 0.24

EVALUATION:
Sm = 0,24 mm
Evd = 93,8 MN/m²

fig. 3