



Correlatie tussen de statische Belgische plaatproef en de dynamische plaatproef

Voorwoord

De statische Belgische plaatproef ontwikkeld door het OCW is al langer de referentie om de verdichting, het draagvermogen van gronden en (onder)funderingen in de wegenbouw te controleren en te meten. In de standaardbestekken van de verschillende regio's in België bestaan daarvoor referentiewaarden van de door de plaatproef gemeten M1-modulus voor grond en ophogingen ($M1 \geq 11$ MPa en 17 MPa), voor de onderfundering ($M1 \geq 35$ MPa) en voor de fundering ($M1 \geq 110$ MPa, sinds kort ook $M1 \geq 80$ MPa voor fietspaden en doorlatende funderingen).

De plaatproef heeft intussen zijn nut bewezen en zal nog jaren de referentie blijven. Ze heeft één groot nadeel: de uitvoering kan omslachtig zijn. Vooral door de nood aan het nodige tegengewicht om de proef, in het bijzonder op de fundering (waar tot 0.55 MPa moet belast worden), uit te voeren en de nodige tijdsduur als deze correct wordt uitgevoerd volgens de meetmethode MN 40/78 van het OCW (Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw [OCW], 1978) of de sterk daarop gebaseerde methodes in de standaardbestekken. Daardoor worden de nodige proeven niet altijd uitgevoerd met de vereiste frequenties en in overeenstemming met de voorschriften. In sommige gevallen – zoals sleuven of bouwputten van beperkte afmetingen – is het zelfs onmogelijk om de plaatproef uit te voeren.

Voor sleuven en bouwputten kan de slagsonde eventueel de plaatproef vervangen. In de andere gevallen zou een veel snellere plaatproef de oplossing kunnen bieden, met name bij met cement gebonden funderingen Ia en IIa waar zeer weinig tijd is om de plaatproef te kunnen uitvoeren vóór het verharden van de cement en dan nog te kunnen bijverdichten indien nodig. Een mogelijke optie is een controle met de zogenaamde dynamische plaatproef; door een gewicht op een plaat te laten vallen, kan zeer snel een dynamische Evd-modulus worden verkregen.

Daarom is OCW sinds 2012 begonnen met deze dynamische plaatproef meer in detail te bestuderen en te zoeken naar eventuele correlaties met de bestaande statische Belgische plaatproef.

Verschillen tussen de dynamische en de statische proeven

De dynamische plaatproef wordt uitgevoerd volgens TP Bf-stB, Part B 8.3 “Dynamic Plate Load Testing with Light Drop-Weight Tester” (Road and Transportation Research Association (FGSV), Working Group Earthworks and Foundations, Committee Testing Equipment, 2012). Bij deze proef laten we een valgewicht (10 of 15 kg) vanaf een zekere hoogte op een plaat vallen: 3 maal als voorbelasting, 3 maal om te meten. Bij de 3 laatste ‘slagen’ wordt telkens de verplaatsing van die plaat gemeten met een accelerometer, waaruit telkens de modulus kan worden berekend. De Evd-modulus is dan de gemiddelde waarde van die 3 slagen.

Daarmee hebben we al een eerste verschil: de M1-modulus van de statische proef wordt gemeten tijdens de 1^{ste} belasting, bij de dynamische plaatproef worden eerst 3 voorbelastingen gedaan door het valgewicht 3 maal te laten vallen, daarna wordt er gemeten tijdens nogmaals 3 ‘vallen’.

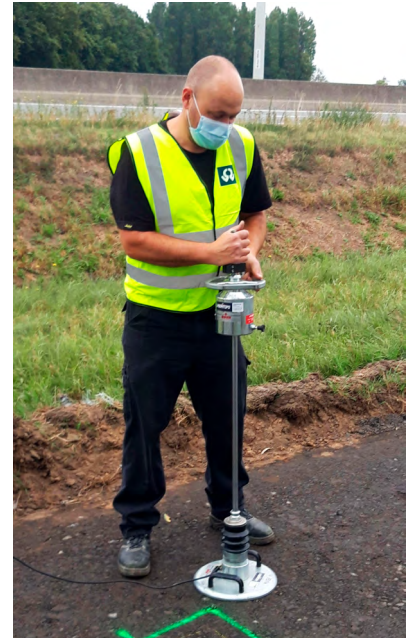


Foto 1 en 2 - Statische en dynamische plaatproef.
© OCW

Andere verschillen

- De waarden van de optredende belastingen zijn anders: bij de statische plaatproef wordt de modulus berekend uit het zettingsverschil optredend bij een belastingdruk tussen 0.05 MPa en 0.15 MPa voor grond, tussen de 0.15 MPa en 0.25 MPa voor een onderfundering en tussen 0.25 MPa en 0.35 MPa voor een fundering. Bij de dynamische plaatproef wordt de modulus berekend uit het zettingsverschil tussen 0.00 en 0.10 MPa voor het 10 kg valgewicht en tussen 0.00 en 0.15 MPa voor het 15 kg valgewicht. Dat is dus volledig verschillend, vooral bij een (onder)fundering.
- In de formule voor de berekening van de modulus zit er een verschil: A.r. ($\Delta\sigma / \Delta\text{tassement}$) waarbij A = 2 voor de Belgische plaatproef en A = 1.5 voor de dynamische plaatproef.
- De diameter van de plaat. Bij de dynamische plaatproef bedraagt die 30 cm, en 16 cm of 30 cm bij de Belgische statische plaatproef. In de praktijk gebeuren de meeste plaatproeven met een kleine plaat van 16 cm (200 cm²) hoewel dat volgens de meetmethode niet altijd correct is. In dat geval gaat het effect van de plaat van 30 cm dieper dan bij de plaat van 16 cm, en heb je dus een vrij dunne stijve laag van 15-25 cm dikte op een slappe ondergrond. Met de grotere plaat zal dus een relatief lagere totale stijfheid worden gemeten.
- Uiteraard is de ene proef statisch, terwijl de andere dynamisch is: we weten dat gronden – in het bijzonder de leemhoudende en kleihoudende gronden – zeer anders reageren op een statische krachtinwerking dan op een dynamische. Met name als gevolg van hun gehalte aan leem-kleideeltjes, en hun watergehalte. Het lijkt dus niet direct aangewezen om op deze gronden een correlatie te zoeken. Dat wil ook zeggen dat indien een plaatproef op een dunne stijvere laag gebeurt, zoals een onderfundering op een slappe ondergrond, die slappe ondergrond dynamisch anders kan reageren dan statisch. Dat laatste beïnvloedt het resultaat.

Proefvakken

Vermits de problematiek van de controle van de verdichting van met cement gebonden funderingen binnen een korte tijdslimiet zeer actueel is en omdat bij funderingen meestal materialen worden gebruikt waarbij de stijfheid minder zal afhangen van het watergehalte, materialen die binnen vrij strikte normen vallen met dus niet te veel variabiliteit en ook met minder gevoeligheid aan het watergehalte werd er beslist van zich vooral te concentreren op een correlatie voor funderingen. Bovendien is het ook zo dat er bij een fundering per definitie een onderfundering of toch minstens een ondergrond onder zit met een draagvermogen M1 van minstens 35 MPa zodat er ook minder een invloed zal zijn op de correlatie door de aard van de ondergrond en door de grootte van de plaat.

Er werden van 2015 tot 2018 drie speciale proefvakken georganiseerd op bestaande werven en twee buiten bestaande werven waar ruimte en tijd was gegeven om op een gecontroleerde wijze de plaatsing, de verdichting van de funderingen en de uitvoering van de plaatproeven daarop te kunnen doen en op te volgen, ook op iets langere termijn (soms enkele dagen, soms meerdere weken) om zo de evolutie in de tijd te kunnen opvolgen. Hierbij werden ook gammadensiteitsmetingen uitgevoerd om de resultaten van de plaatproeven te kunnen relateren aan de verdichtingsgraad van het funderingssteenslag. Soms ook werden kernboringen uitgevoerd op verschillende tijdstippen met vervolgens drukproeven en soms indirecte trekproeven.

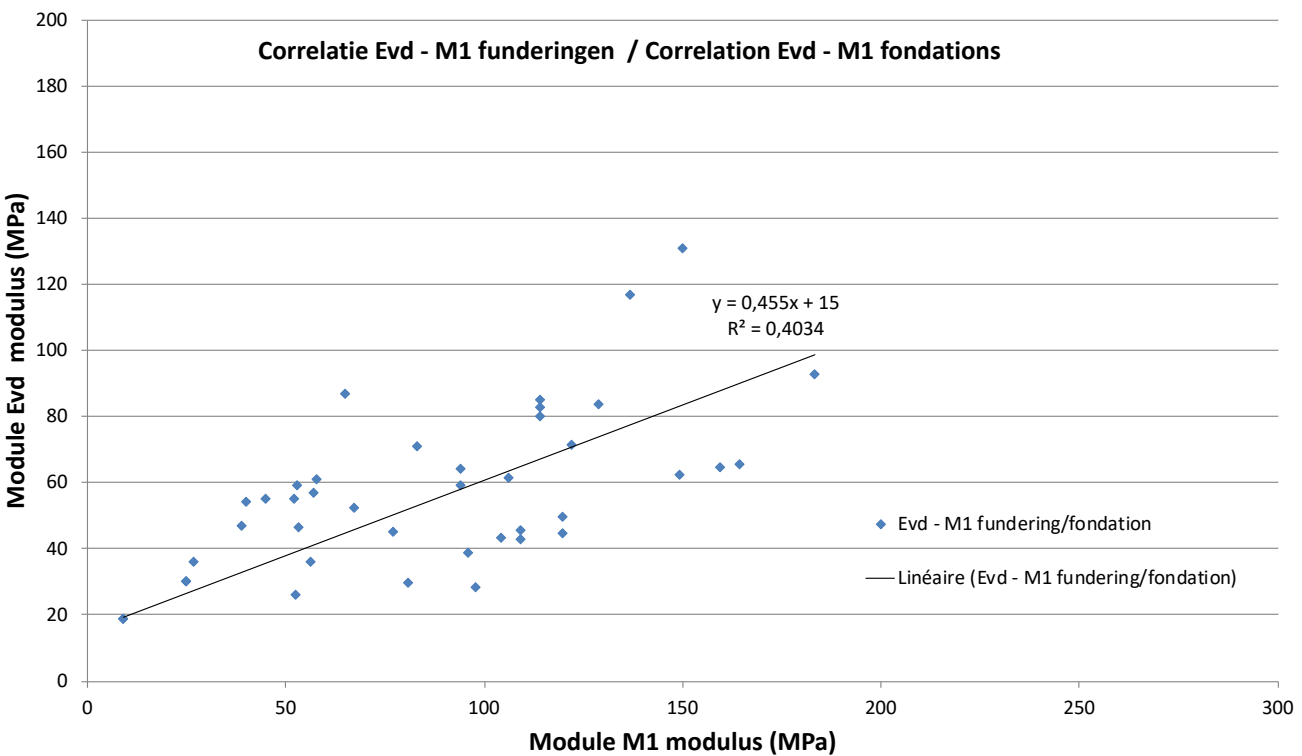
Buiten deze specifieke proefvakken werden op een behoorlijk aantal kleinere werven (7) vergelijkende proeven uitgevoerd tijdens het aanbrengen van de funderingen, zonder de productie te veel te belemmeren. Daardoor was minder mogelijkheid om uitgebreide beproevingen te doen, meestal enkel een vergelijking tussen de statische en de dynamische plaatproef.

We beperken ons hier tot de resultaten van de statische en dynamische plaatproeven.

De dynamische plaatproef kan worden uitgevoerd met een 10 kg valgewicht of een 15 kg valgewicht. Volgens zeker één fabrikant zou men met het 10 kg valgewicht op een voldoende reproduceerbare manier de Evd slechts kunnen meten tot een Evd van 70 MPa. Daarboven zou men het 15 kg valgewicht moeten gebruiken. Tijdens de eerste paar proefvakken werden metingen uitgevoerd met beide valgewichten en werd geen echt significant verschil tussen beide gevonden; in ieder geval niet meer dan de variabiliteit van de metingen die werd vastgesteld zelfs op de relatief kleine oppervlaktes van de proefvakken. Omdat het in de praktijk niet echt werkbaar is om met de 2 valgewichten tegelijkertijd op de werf te gaan en omdat het 15 kg valgewicht toch al moeilijker te dragen is werd beslist om de correlatie enkel te doen met het 10 kg valgewicht.

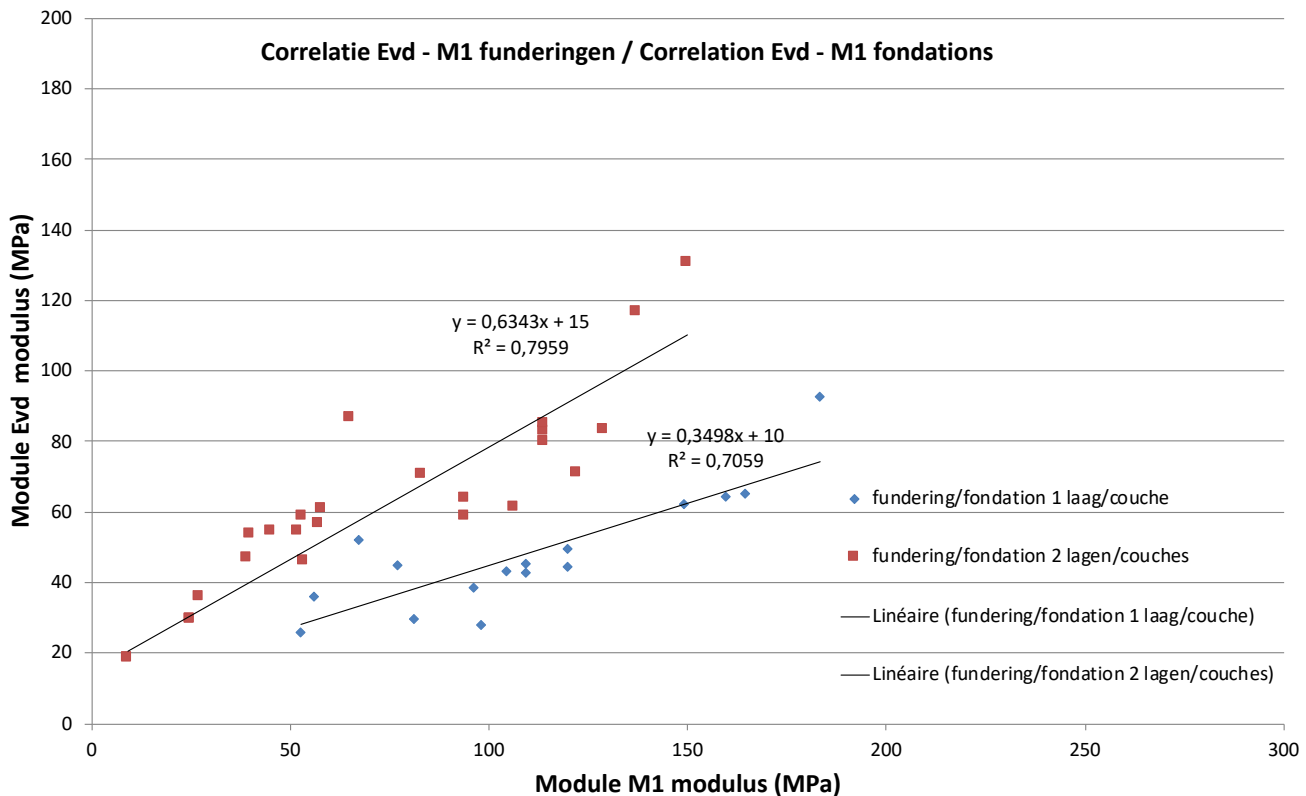
Een eerste correlatie werd gevonden zoals hieronder (Figuur 1). Omdat werd vastgesteld dat de resultaten op funderingen bestaande uit asfaltpuin afwijkende resultaten gaven, werden deze niet gebruikt voor deze correlatie. Vermoedelijk liggen die afwijkende resultaten aan het feit dat asfalt een viscoelastisch materiaal is, waardoor de stijfheid gemeten met een statische belasting lager ligt dan die gemeten met een dynamische belasting. Bovendien wordt asfaltpuin steeds minder gebruikt in funderingen.

Een deel van de meetpunten zijn gemiddelden van meerdere metingen op eenzelfde proefvak.



Figuur 3 - Correlatie tussen M1 en Evd met alle resultaten

Bij een eerste analyse van deze resultaten blijkt geen echt significante correlatie te bestaan ($R^2 = 0.403$), maar na grondigere analyse blijkt een systematische afwijking te bestaan tussen de resultaten gemeten op funderingen aangebracht in 2 lagen en op funderingen aangebracht in één enkele (en dus dikkere) laag. Dit is goed te zien op de figuur 4.



Figuur 4: - Correlatie tussen M1 en Evd, met onderscheid tussen aanbrengen in 1 of 2 lagen

Dat verschil valt allicht te verklaren doordat bij een verdichting in 1 laag de onderkant van de fundering minder goed is verdicht dan de bovenkant. Minder goed verdicht betekent dat de stijfheid lager zal zijn en door de verschillende diameter van de platen (16 cm bij de statische proef en 30 cm bij de dynamische) zal die onderste minder stijve laag meer 'gevoeld' worden door de grotere plaat en dus zal het meetresultaat relatief lager liggen.

Opmerkelijk is dat op alle opgevolgde werven de fundering van meestal 20 cm of 25 cm dikte in 2 lagen werd aangelegd met de 2de laag onmiddellijk na het verdichten van de 1ste laag. De resultaten met de fundering in 1 laag zijn afkomstig van één enkel speciaal ingericht proefvak. Dat betekent dus dat de meeste aannemers uit zichzelf een voorkeur geven aan een aanleg in 2 lagen, waarschijnlijk omdat dat de nodige voordelen biedt zoals: het mogelijke gebruik van lichtere walsen, minder brede ontmenging langs de kanten, beter beheersbare profilering...

Daarom wordt de correlatie bij aanbrengen in 2 lagen (met $R^2 = 0.796$, dus $R = 0.89$) weerhouden als te gebruiken correlatie.

Conclusie

De volgende correlatie (aangetoond voor funderingen aangebracht in 2 lagen en met daaronder een onderfundering) tussen de Evd gemeten met de dynamische plaatproef en de M1 gemeten met de Belgische statische plaatproef werd gevonden:

$$Evd = 0,65 M1 + 15$$

Dit betekent dat een M1 = 110 MPa overeenstemt met een Evd = 86.5 MPa of afgerond Evd = 85 MPa. Deze waarde is nu opgenomen in de bestekken SB250 en IrisRoads voor de controle van funderingen.

De verhouding tussen Evd en M1 is geen constante binnen het meetinterval! Bij hogere M1-waarden is de Evd kleiner dan de M1, bij lagere M1-waarden is hij groter en daartussenin ongeveer gelijk.

Auteur



Frank Theys

+32 2 766 03 20
fr.theys@brrc.be

Referenties

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW). (1978). *Werkwijze plaatbelastingsproef voor de controle van de verdichting* (OCW Meetmethode No. MN 40/78).

Road and Transportation Research Association (FGSV), Working Group Earthworks and Foundations, Committee Testing Equipment. (2012, translation 2018). *Technical testing regulations for soil and rock in road construction: TP BF-StB. Part B 8.3: Dynamic plate load testing with the light drop-weight tester* (FGSV No. 591/B 8.3 E).
https://www.fgsv-verlag.de/pub/media/pdf/591_B_8_3_E.v.pdf