

Ontwerpprocedure funderingswapening wegen

Christ van Gorp
NGO - 16 november 2017



kiwa

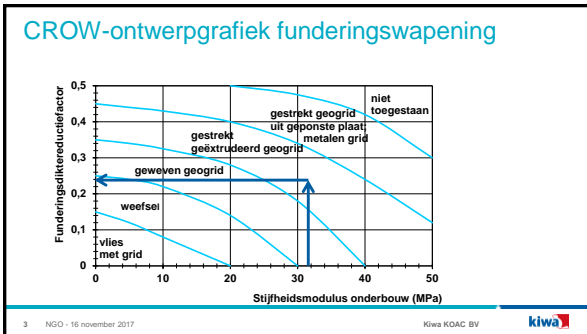
Trust
Quality
Progress

Binnenkort nieuwe publicatie



2 NGO - 16 november 2017

Kiwa KOAC BV **kiwa**




5 NGO - 16 november 2017

Kiwa KOAC BV **kiwa**

Doel van wapening en mechanische stabilisatie

- Onverharde wegen (tijdelijk of permanent)
 - ☐ verhoging van weerstand tegen permanente vervorming
 - ☐ vermindering van spanning op lager gelegen lagen en/of ondergrond
- Straatsteenverhardingen
 - ☐ verhoging van weerstand tegen permanente vervorming
 - ☐ vermindering van spanning op lager gelegen lagen en/of ondergrond
- Asfaltverhardingen
 - ☐ vermindering van spanning op lager gelegen lagen en/of ondergrond
 - ☐ aansluiting bij CROW-software OJA (Ontwerpinstrumentarium asfaltverhardingen)

6 NGO - 16 november 2017

Kiwa KOAC BV **kiwa**

Ondergrond

- Meerdere indicatoren voor stijfheid in diverse ontwerpprocedures
 - conussondeerweerstand
 - ongedraineerde schuifsterkte
 - dynamische stijfheidsmodulus
 - vervormingsmodulus
- Gekozen voor dynamische stijfheidsmodulus als indicator
 - resilient modulus

7 NGO - 16 november 2017

Kiwa KOAC BV



Conversie stijfheid cohesief/fijnkorrelig mineraal

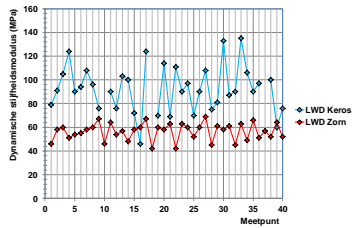
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	CBR (%)
0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	c_u (kPa)
0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	$M_v = E_{dyn}$ (MPa)
0	10	20	30	40	50	60	70	80	E_{vd-K} (MPa)		
0	5	10	15	20	25	30	35	E_{vd-z} (MPa)			
0	10	20	30	40	50	60	70	E_{vz} (MPa)			

8 NGO - 16 november 2017

Kiwa KOAC BV



Versillen tussen Light Weight Deflectometers

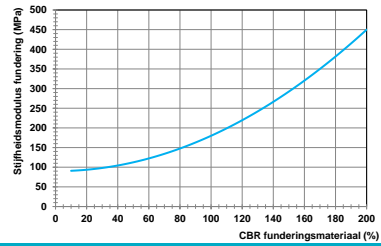


9 NGO - 16 november 2017

Kiwa KOAC BV



Conversie stijfheid grofkorrelig mineraal



10 NGO - 16 november 2017

Kiwa KOAC BV



Onderbouw

- Vaak slechts een enkele indicator voor stijfheid van geheel van lagen onder fundering toegestaan
- Berekening stijfheidsmodulus van ongebonden onderfundering en/of fundering afhankelijk van stijfheid onderliggend medium
- In OJA grens aan aantal lagen onder de asfaltverharding
- Gekozen voor equivalente stijfheid van onderbouw

11 NGO - 16 november 2017

Kiwa KOAC BV



Gelaagde opbouw

- Fundering direct op ondergrond, geen probleem met karakterisering van stijfheid onderbouw



12 NGO - 16 november 2017

Kiwa KOAC BV



Gelaagde opbouw

- Onderfundering op ondergrond
 - bepaling equivalente stijfheid van twee op elkaar liggende lagen
 - voorkomen overschatting stijfheid (onder)fundering op slappe grondslag

13 NGO - 16 november 2017 Kiwa KOAC BV **kiwa**

Gelaagde opbouw - Austroads

- Berekening realistische stijfheid (onder)fundering met Austroads-model
 - IN: totale laagdikte onderfundering
 - IN: grenswaarde stijfheidsmodulus onderfundering onder optimale omstandigheden

14 NGO - 16 november 2017 1,4 Kiwa KOAC BV **kiwa**

Gelaagde opbouw - Austroads

- Berekening realistische stijfheidsmodulus (onder)fundering
 - UIT: stijfheidsmodulus per sub-laag
 - UIT: gemiddelde stijfheidsmodulus onderfundering

15 NGO - 16 november 2017 1,5 Kiwa KOAC BV **kiwa**

Ongewapende gelaagde opbouw

16 NGO - 16 november 2017 Kiwa KOAC BV **kiwa**

Dimensionering onverharde weg Bepaling funderingsdikte

- Optie 1: Giroud-Noiray-model (GN-model)
- Input
 - N aantal lastherhalingen van aslast P (-)
 - P standaard aslast (N)
 - SD toelaatbare spoordiepte (mm)
 - E₄ dynamische stijfheidsmodulus ondergrond (of onderbouw) (MPa)

17 NGO - 16 november 2017 Kiwa KOAC BV **kiwa**

Funderingsdikte onverharde weg (GN-model)

18 NGO - 16 november 2017 Kiwa KOAC BV **kiwa**

Dimensionering onverharde weg Bepaling funderingsdikte

- Optie 1: Giroud-Noiray-model (GN-model)
- Input
 - N aantal lastherhalingen van aslast P (-)
 - P standaard aslast (N)
 - SD toelaatbare spoordiepte (mm)
 - E_s dynamische stijfheidsmodulus ondergrond (of onderbouw) (MPa)
- Verbeterend effect aangeduid met equivalentiefactor f_{h2w}
 - wapeningsproduct
 - stijfheidsmodulus van onderbouw
 - maximaal te halen stijfheidsmodulus van mineraal aggregaat in fundering
- $h_{2gew} = f_{h2w} \times h_{2ongew}$

19 NGO - 16 november 2017

Kiwa KOAC BV



Dimensionering onverharde weg Bepaling funderingsdikte

- Optie 2: Giroud-Han-model (GH-model)

$$h_2 = \frac{1 + k \cdot \log(N)}{\tan(\alpha_0) \cdot [1 + 0,204 \cdot (R_E - 1)]} \cdot \left[\frac{\frac{P}{\pi \cdot r^2}}{\sqrt{\left(\frac{S}{k_s}\right) \cdot \left[1 - \xi \cdot \exp\left(-\omega \cdot \left(\frac{r}{h_2}\right)^n\right)\right]}} \cdot (N_c \cdot 3 \cdot E_4 - 1) \right] \cdot r$$

- Laagdikte fundering links en rechts van gelijkteken
- Verbeterend effect meestal uitgedrukt in andere waarden voor k , R_E en N_c

20 NGO - 16 november 2017

Kiwa KOAC BV



Dimensionering gewapende straatsteenverharding

- BESCON berekent ontwikkeling spoordiepte met tijd voor gekozen input
 - bepaling minimum laagdikte mogelijk voor eis aan spoordiepte
- BESCON-dimensionering gesimuleerd met GN-model via correctiefactor f_{h2s}
 - aantal lastherhalingen van 100 kN
 - toelaatbare spoordiepte
 - dikte betonstraatsteen
 - stijfheid onderbouw
- Equivalentiefactor funderingswapening onverharde weg f_{h2w} , ook van toepassing op straatsteenverharding
- $h_{2gew} = f_{h2s} \times f_{h2w} \times h_{2ongew}$

21 NGO - 16 november 2017

Kiwa KOAC BV



Eisen aan resultaat van ontwerpberekening asfaltverharding

- Bruikbaar als invoergegeven in ontwerpssoftware OIA
- Mogelijke indicatoren
 - equivalente laagdikte gewapende constructielaag
 - verbeterde vermoeiingssterkte of weerstand tegen permanente vervorming
 - verhoogde stijfheidsmodulus van gewapende constructielaag



22 NGO - 16 november 2017

Kiwa KOAC BV



Parameters in berekening wapenend effect asfaltverhardingen

- Effectieve werkingshoogte van wapening of mechanische stabilisatie
- Support Improvement Factor (SIF)
- Modulus Improvement Factor (MIF)

23 NGO - 16 november 2017

Kiwa KOAC BV



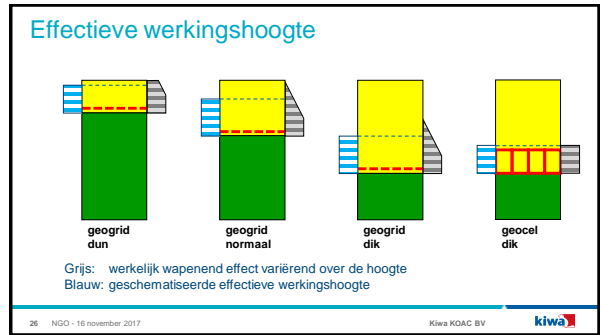
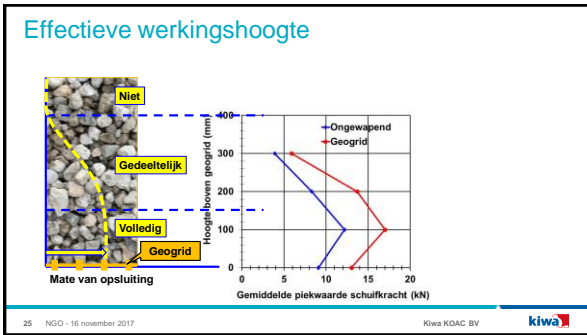
Parameters in berekening wapenend effect asfaltverhardingen

- Effectieve werkingshoogte van wapening of mechanische stabilisatie
 - soort en type product (woven, stijve knoopverbindingen in geogrid)
 - hoogte van product (alleen bij geocel)
 - maximum korrelgrootte mineraal aggregaat

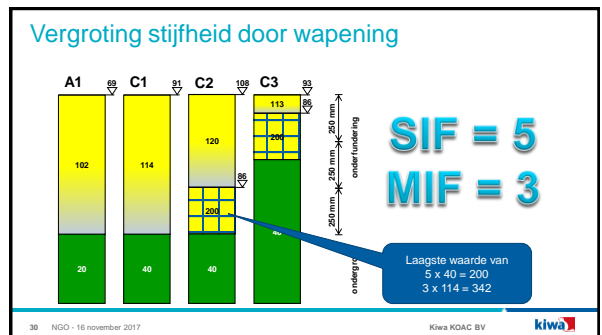
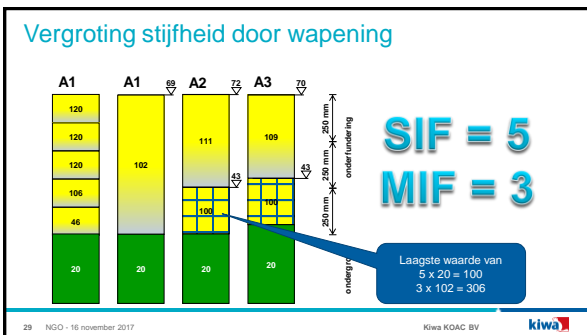
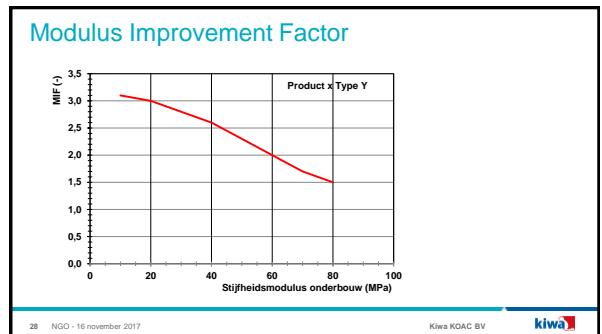
24 NGO - 16 november 2017

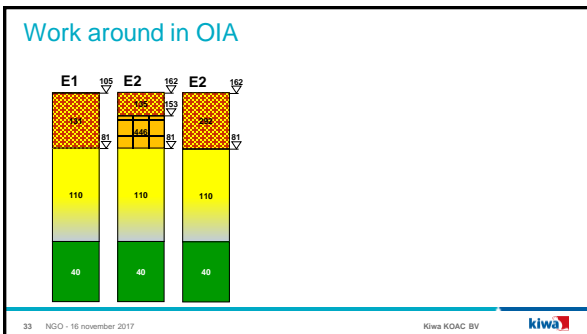
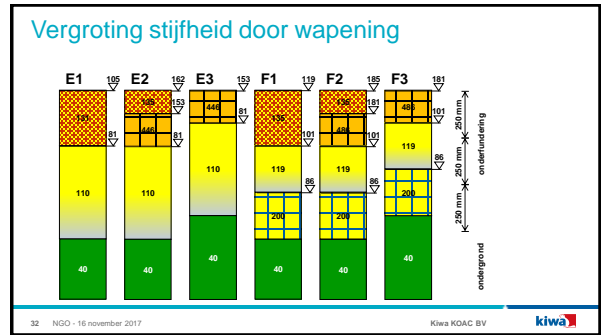
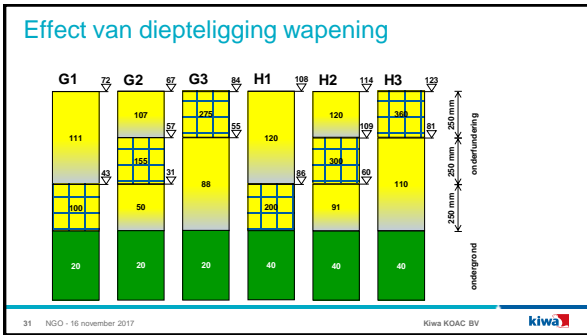
Kiwa KOAC BV





- ### Parameters in berekening wapenend effect asfaltverhardingen
- Support Improvement Factor (SIF)
 - vermenigvuldigingsfactor op equivalente stijfheidsmodulus van medium van lager gelegen lagen
 - Modulus Improvement Factor (MIF)
 - vermenigvuldigingsfactor op stijfheidsmodulus van ongewapende laag onder lokale omstandigheden





Tot slot

- In bijlage van publicatie richtlijnen om verbeterende effect van funderingswapening te bepalen
 - rijdend wielproeven
 - cyclische stationaire belastingsproeven
 - triaxiaalproeven

34 NGO - 16 november 2017 Kiwa KOAC BV