

Flexvloer

Onderzoek naar de constructieve aspecten van een nieuw vloersysteem

Henco Burggraaf
Presentatie DOV 31 oktober 2006



Inhoud presentatie

- Inleiding
- Doelstelling
- Dwarskrachtcapaciteit
- Stijfheid
- Conclusies
- Aanbevelingen

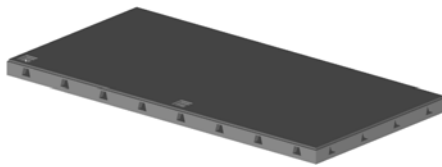
Inleiding
Doelstelling
Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

2



Flexvloer

- Nieuw vloersysteem met netwerk van inwendig holle ruimten en tunnels (blijvend bereikbaar)
- IFD-bouwen
 - Industrieel bouwen: bouwen wordt monteren
 - Flexibel bouwen: verbouwen wordt verplaatsen
 - Demontabel bouwen: slopen wordt demonteren
- Variant voor woningbouw en utiliteitsbouw



► Inleiding
Doelstelling
Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

3

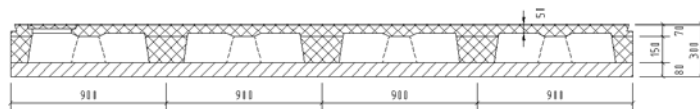
DYCORE
SYSTEEMVLOEREN



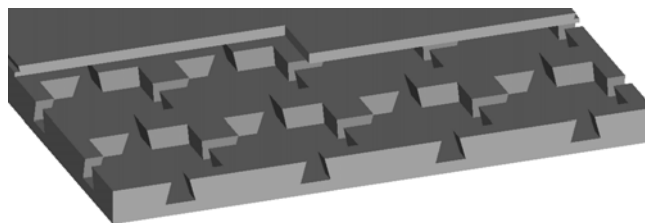
TU Delft

Geometrie

- Dwarsdoorsnede



- Structuur



► Inleiding
Doelstelling
Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

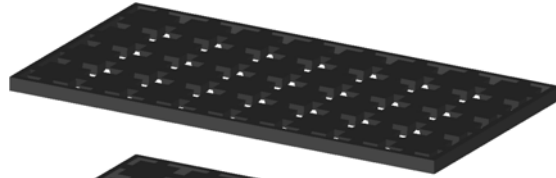
4

DYCORE
SYSTEEMVLOEREN

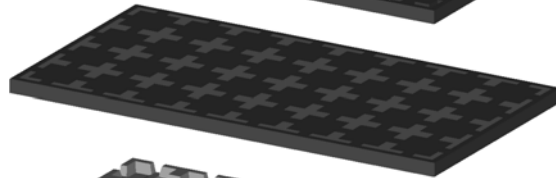


TU Delft

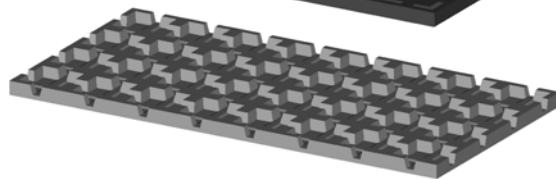
Productie - fase 1: Storten bovenzijde



Flexmal



Storten beton B65
met 30 kg/m³
staalvezels



Lossen mal +
voorspannen
bovenplaat

► Inleiding
Doelstelling
Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

5

DYCORE
SYSTEEMVLOEREN



TU Delft

Productie - fase 1: Flexmal

- Flexibiliteit door afneembare cassettes



► Inleiding
Doelstelling
Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

6

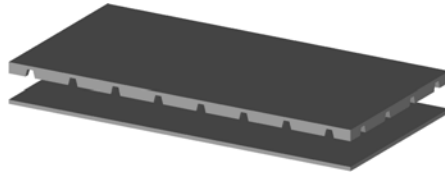
DYCORE
SYSTEEMVLOEREN



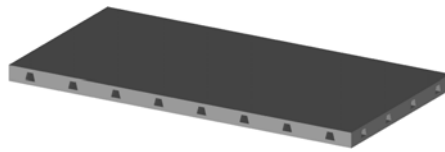
TU Delft

Productie - fase 2: Plaatsing op onderplaat

- Bovenzijde omgekeerd bevestigd met 10mm verzinking



- Voorspannen van de onderplaat



► Inleiding
Doelstelling
Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

7

DYCORE
SYSTEEMVLOEREN



TU Delft

Flexvloer woningbouw



► Inleiding
Doelstelling
Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

8

DYCORE
SYSTEEMVLOEREN



TU Delft

Flexvloer woningbouw



► Inleiding
Doelstelling
Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

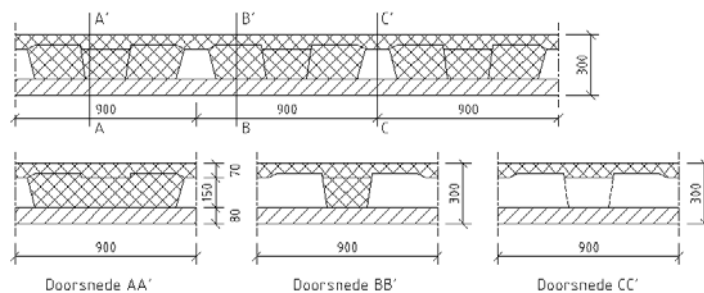
9

DYCORE
SYSTEEMVLOEREN

TUDelft

Aanleiding tot onderzoek

- Geometrie bepaalt het constructieve gedrag van de vloer



► Inleiding
Doelstelling
Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

10

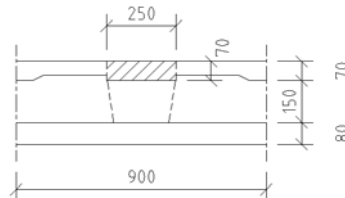
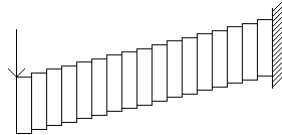
DYCORE
SYSTEEMVLOEREN



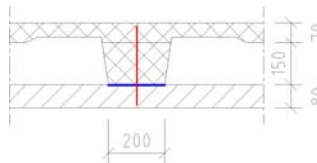
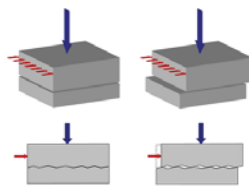
TUDelft

Dwarskracht

■ Verticale afschuiving



■ Horizontale afschuiving



► Inleiding
Doelstelling
Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

11

DYCORE
SYSTEEMVLOEREN



TU Delft

Doelstelling

- In norm geen rekenregels voor wijzigende doorsneden
⇒ Gelijkwaardigheidsbeginsel toepassen

■ Doelstelling:

Aantonen dat het ontwerp van de flexvloer op afschuifdraagvermogen voldoet aan de norm volgens het gelijkwaardigheidsbeginsel.

Inleiding
► Doelstelling
Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

12

DYCORE
SYSTEEMVLOEREN



TU Delft

Dwarskrachtcapaciteit

■ Typen onderzoek:

- ☐ Analytisch
- ☐ Numeriek
- ☐ Experimenteel

Inleiding
Doelstelling
► Dwarskracht
 analytisch
 numeriek
 experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

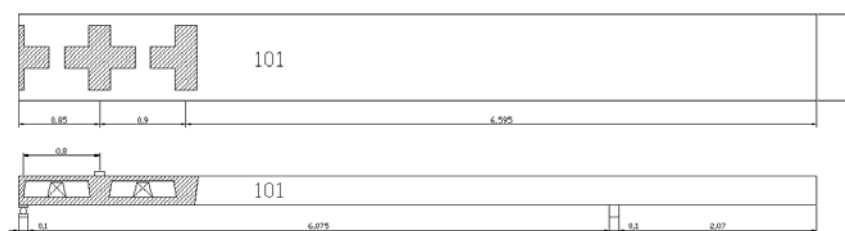
13

DYCORE
SYSTEEMVLOEREN



TU Delft

Proefopzet



- Breedte proefstrook
900mm (1 langsrib)
- Belasting boven tweede
dwarsrib uit oplegging



Inleiding
Doelstelling
► Dwarskracht
 analytisch
 numeriek
 experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

14

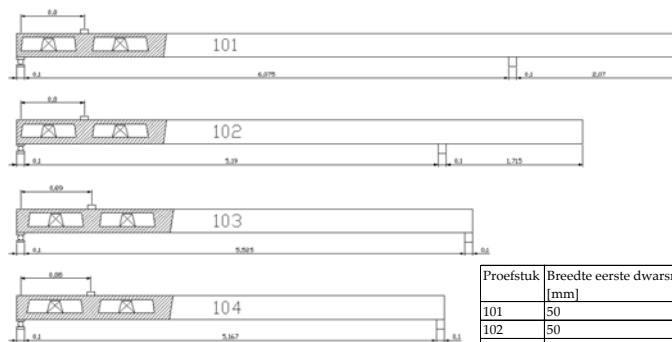
DYCORE
SYSTEEMVLOEREN



TU Delft

Proefopzet

- Proefstuk 101 en 102 gezaagd uit flexvloer
- Proefstuk 103 en 104 gezaagd uit proefstuk 101 en 102



Proefstuk	Breedte eerste dwarsrib [mm]	Lastafstand [mm]
101	50	800
102	50	800
103	140	890
104	130	880

Inleiding
Doelstelling
► **Dwarskracht**
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

15

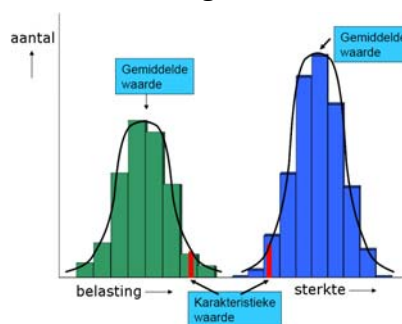
DYCORE
SYSTEEMVLOEREN



TU Delft

Handberekeningen

- Gebaseerd op NEN6720
- Rekenen met gemiddelde waarden



- Afschuifcapaciteit verbinding blijkt maatgevend

Inleiding
Doelstelling
► **Dwarskracht**
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

16

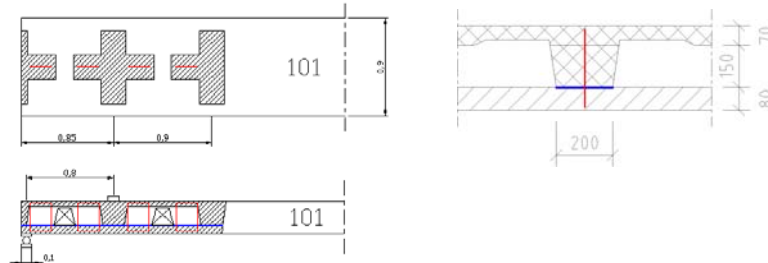
DYCORE
SYSTEEMVLOEREN



TU Delft

Handberekening verbinding

- Kleinste afschuifbreedte ter plaatse van langsrib



- Afschuifcapaciteit afhankelijk van:

- betonkwaliteit
- beugelwapening
- kwaliteit verbinding

Inleiding
Doelstelling
► Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

17

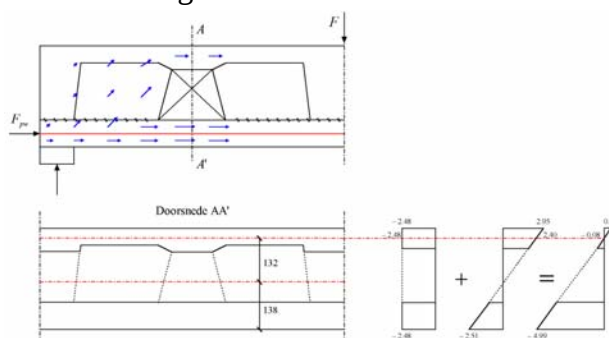
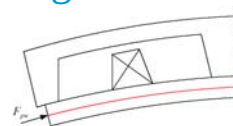
DYCORE
SYSTEEMVLOEREN



TU Delft

Handberekening verbinding

- Reductie afschuifcapaciteit door voorspanning
- Berekening afschuifkracht over de verbinding



Inleiding
Doelstelling
► Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

18

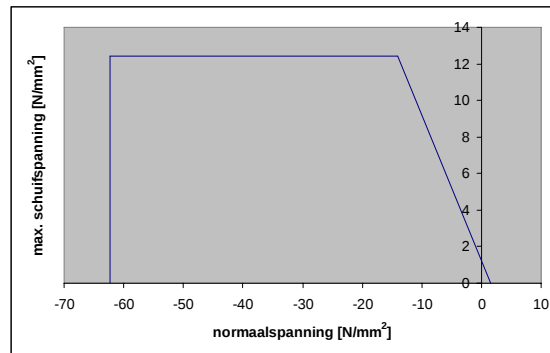
DYCORE
SYSTEEMVLOEREN



TU Delft

Handberekening verbinding

- Berekende afschuifcapaciteit is een indicatie
- Positieve invloed drukspanning niet verwerkt



Inleiding
Doelstelling
► Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

19

DYCORE[®]
SYSTEEMVLOEREN



TU Delft

DIANA

- Niet-lineaire berekeningen
- 2D- en 3D-modellen

Inleiding
Doelstelling
► Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

20

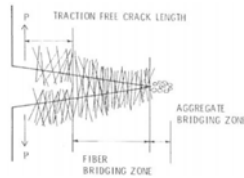
DYCORE[®]
SYSTEEMVLOEREN



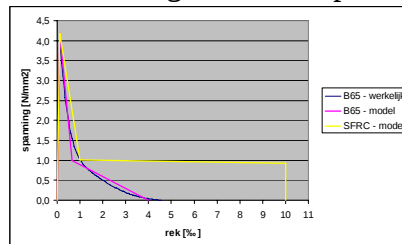
TU Delft

Invoer materialen

■ Staalvezelbeton



■ Modellerings met behulp van Dramix®-guideline

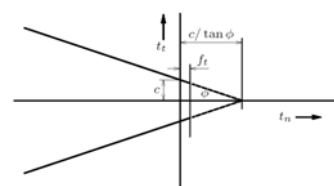
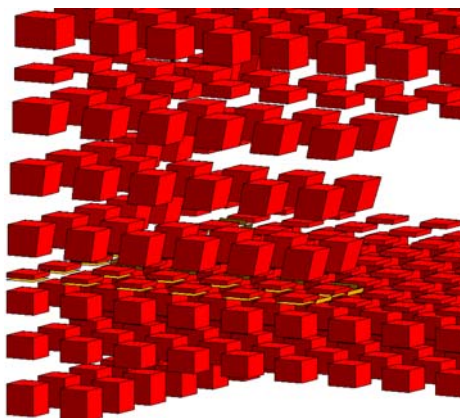


Inleiding
Doelstelling
► Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

23

Invoer verbinding 3D-model

■ Gebruik maken van interface elementen

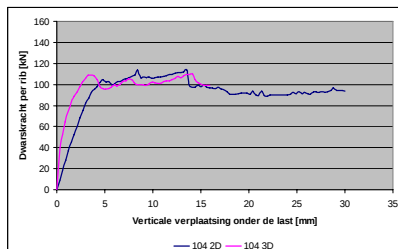
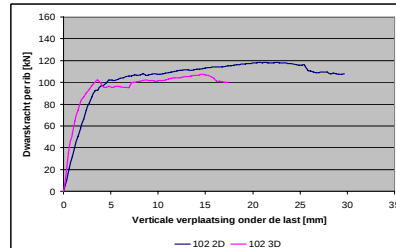
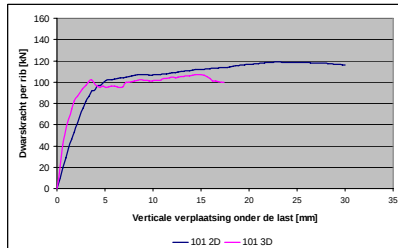


Coulomb wrijvingsmodel

Inleiding
Doelstelling
► Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

24

Resultaten DIANA



Proefstuk	V _{DIANA} 2D [kN]	V _{DIANA} 3D [kN]
101	119.1	107.2
102	118.1	107.2
104	114.0	109.6

Inleiding
Doelstelling
► Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

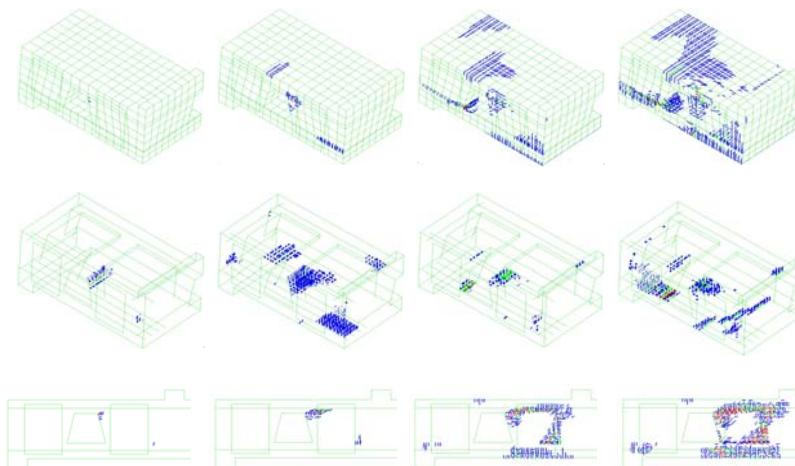
25

DYCORE
SYSTEEMVLOEREN



TU Delft

Scheurvorming proefstuk 101



Inleiding
Doelstelling
► Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

26

DYCORE
SYSTEEMVLOEREN



TU Delft

Dwarskrachtproeven

- Beproeving in drukbank bij Dycore te Oosterhout
- Belasting met hydraulische vijzel en lastverdeelbalk
- Meting doorbuiging
 - elektronisch
 - meetklokje (ter controle)



Inleiding
Doelstelling
► Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

27

DYCORE
SYSTEEMVLOEREN



TU Delft

Foto's proefstuk 104

- Scheurvorming in tunnelhoek



Inleiding
Doelstelling
► Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

28

DYCORE
SYSTEEMVLOEREN



TU Delft

Foto's proefstuk 104

■ Eerste momentscheuren



Inleiding
Doelstelling
► Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

29

DYCORE
SYSTEEMVLOEREN



TU Delft

Foto's proefstuk 104

■ Verdere afschuiving en scheurgroei in tunnelhoek



Inleiding
Doelstelling
► Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

30

DYCORE
SYSTEEMVLOEREN



TU Delft

Foto's proefstuk 104

- Afgeschoven verbinding en situatie bij bezwijken



Inleiding
Doelstelling
► Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

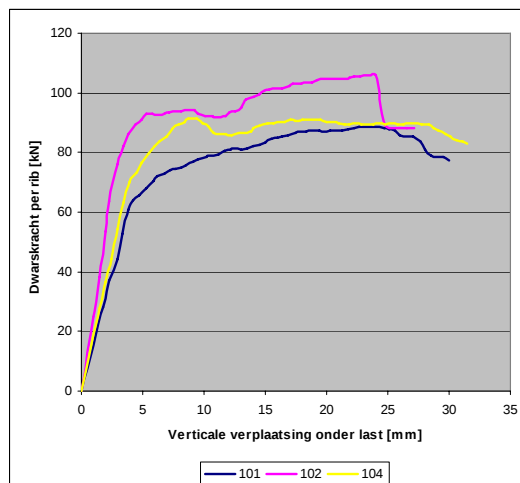
31

DYCORE[®]
SYSTEEMVLOEREN



TU Delft

Resultaten dwarskrachtproeven



Proefstuk	Dwarskrachtcapaciteit [kN]
101	88.8
102	105.9
103	84.2
104	91.0

Inleiding
Doelstelling
► Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

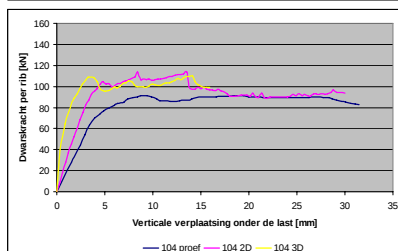
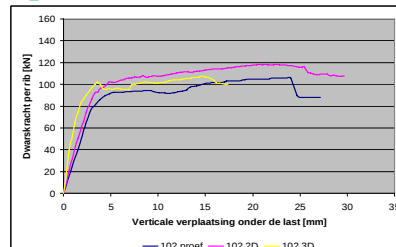
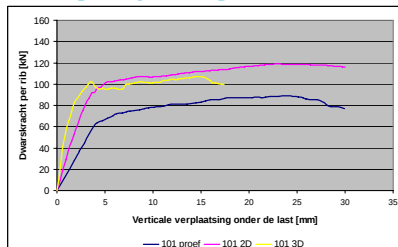
32

DYCORE[®]
SYSTEEMVLOEREN



TU Delft

Vergelijking DIANA en proeven



Inleiding
Doelstelling
► Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

33

DYCORE
SYSTEEMVLOEREN



TU Delft

Kwaliteit verbinding



NEN6720

Soort aansluitoppervlak	Cohesiefactor	Wrijvingscoëfficiënt
Glad/ met staal bekist	0.1	0.4
Met hout bekist	0.2	0.6
Stortvlak	0.3	0.8
Opgeruwd	0.4	1.0

Inleiding
Doelstelling
► Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

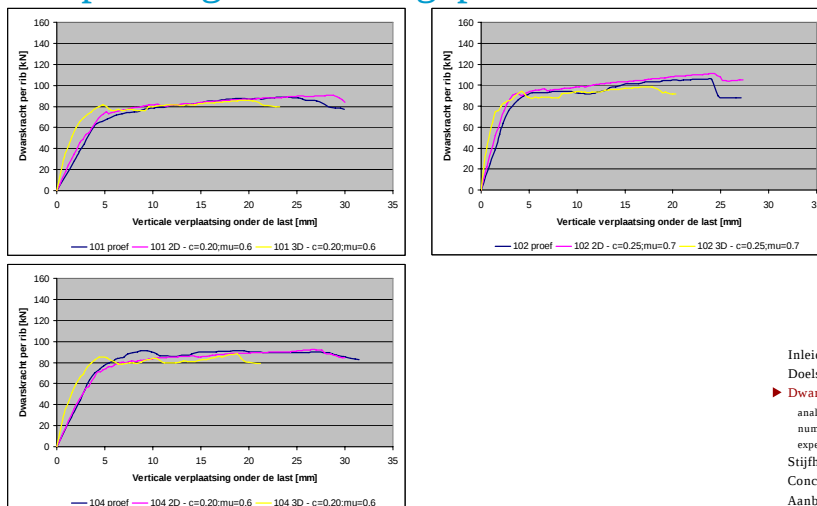
34

DYCORE
SYSTEEMVLOEREN



TU Delft

Aanpassing verbindingsparameters



Inleiding
Doelstelling
► Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

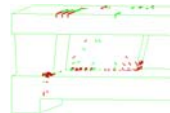
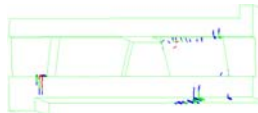
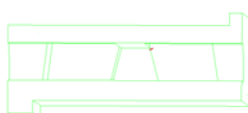
35

DYCORE
SYSTEEMVLOEREN



TU Delft

Vergelijking scheurvorming



Inleiding
Doelstelling
► Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

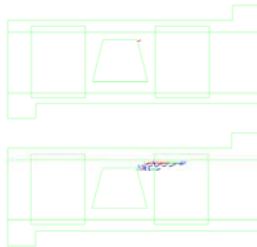
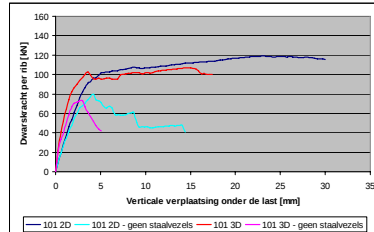
36

DYCORE
SYSTEEMVLOEREN

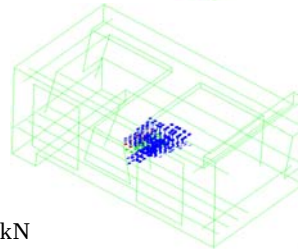
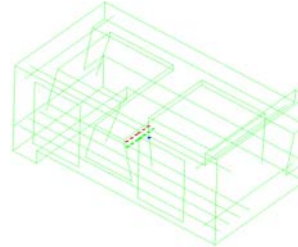


TU Delft

Parameterstudie - Geen staalvezels



V= 35 kN



Inleiding
Doelstelling
► Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

37

DYCORE
SYSTEEMVLOEREN



TU Delft

Vergelijking resultaten

Proefstuk	Vhand [kN]	VDIANA-2D [kN]	VDIANA-3D [kN]	Vproef [kN]
101	84.2	119.1	107.2	88.9
102	84.2	118.1	107.2	105.9
103	84.2	109.4	109.6	84.2
104	84.2	114.0	109.6	91.0

- Verschil DIANA en proeven door kwaliteit van verbinding
- Verschil DIANA en handberekeningen door positieve invloed drukkracht op de afschuifsterkte

Inleiding
Doelstelling
► Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

38

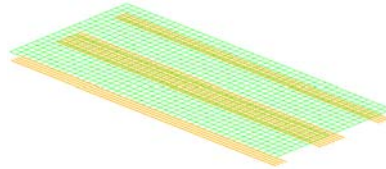
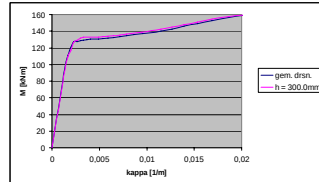
DYCORE
SYSTEEMVLOEREN



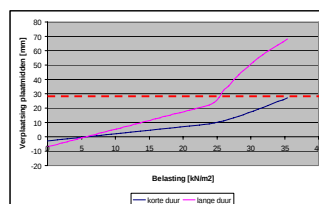
TU Delft

Doorbuigingen - DIANA

- Gescheurde fase $\Rightarrow$ gelijkstellen stijfheid



- Invoer en resultaten



Inleiding
Doelstelling
Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
► Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

41

Conclusies

- Afschuiving van de verbinding is maatgevend.
- De maximale afwijking tussen de proefresultaten en de resultaten uit DIANA is gelijk aan 34% (2D) en 30% (3D). Met een correctie van de verbindingparameters kan worden ingespeeld op de kwaliteit van de verbinding.
- De verschillen tussen DIANA en de handberekeningen zijn het gevolg van de positieve invloed van de drukkracht op de afschuifsterkte
- Voor wat betreft dwarskracht voldoet de flexvloer aan de norm ($V_d = 29.8 \text{ kN}$)

Inleiding
Doelstelling
Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
► Conclusies
Aanbevelingen

42

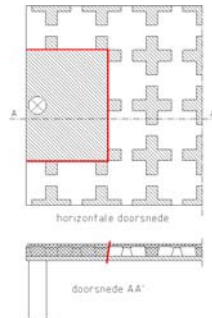
Aanbevelingen

■ Kwaliteit van de aansluitvlakken

- Voorkomen luchtinsluitels
- Extra beugels toepassen

■ Pons

- Massieve doorsnede
- Ponswapening



Inleiding
Doelstelling
Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
► Aanbevelingen

43

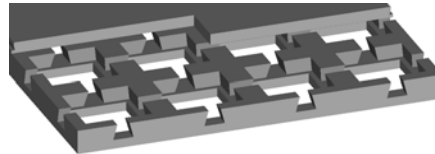
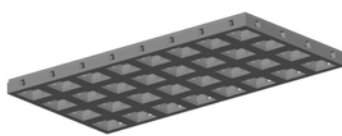
DYCORE®
SYSTEEMVLOEREN



TU Delft

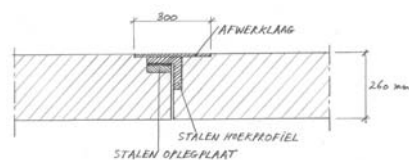
Aanbevelingen

■ Flexvloer utiliteitsbouw



■ Integraal vloerconcept

- Onderlinge koppeling elementen



- Aansluiting met leidingen in gebouw

Inleiding
Doelstelling
Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
► Aanbevelingen

44

DYCORE®
SYSTEEMVLOEREN



TU Delft

Vragen ?

Inleiding
Doelstelling
Dwarskracht
analytisch
numeriek
experimenteel
Stijfheid
Conclusies
Aanbevelingen

45