

Toetsing dwarskrachtcapaciteit Heinenoordtunnel volgens de TNO- IBBC methode

Henco Burggraaf en Jan Zwarthoed

TNO | Kennis voor zaken



Toetsing volgens de TNO-IBBC methode

Inhoud

- Onderzoek kunstwerken RWS Bouwdienst
- 1^e Heinenoordtunnel
- Uitgangspunten berekening door TNO
- DIANA-berekening
- Alternatief dwarskrachtmodel TNO-RWS
- Doorsnede toetsing
- Veiligheid Heinenoordtunnel
- Vervolgonderzoek



Onderzoek kunstwerken RWS Bouwdienst

- Inventarisatie van kunstwerken van voor 1976 met een verhoogd risico tot 'bros bezwijken'
- Schatting dat ca. 1200 kunstwerken een verhoogd risico hadden
- Onderverdeling in categorieën:
 - platen
 - liggers (volstortliggers, L-liggers)
 - kokers
 - T-liggers
 - doosconstructies (onderdoorgangen, duikers)
 - tunnels
- Door een aantal ingenieursbureaus is een 'Quick Scan' of snelle beoordeling uitgevoerd op basis waarvan kunstwerken geclassificeerd zijn in 1 (veilig) t/m 5 (onveilig)

3

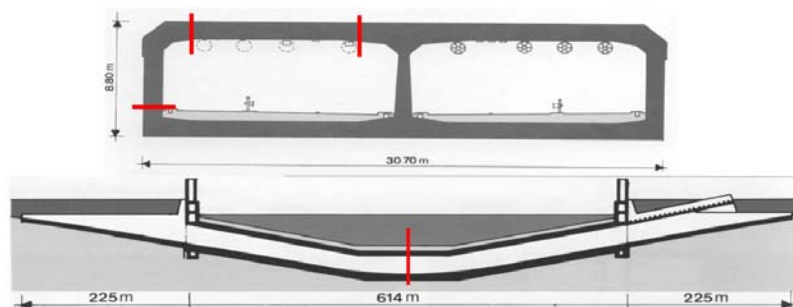
Toetsing volgens de TNO-IBBC methode

dinsdag 25 november 2008



1^e Heinenoordtunnel (1969)

- Volgens de Quick Scan beoordeling zou de 1^e Heinenoordtunnel onvoldoende dwarskrachtcapaciteit hebben in een aantal doorsneden, indien getoetst volgens de NEN 6720.



4

Toetsing volgens de TNO-IBBC methode

dinsdag 25 november 2008



Resultaten Quick Scan

			(2)		
Omschrijving	Nr.	Onderdeel	Unity check NEN 6720 $t_1 + t_s$	Classificatie	
1e Heinenoordtunnel	Toerit noord	Moot nr.4	Wand - voet	87%	1
	Toerit noord	Moot nr.2	Wand - voet	174%	2
	Tunnel - afgez.	Moot nr.1	Dak - binnenwand	116%	1
			Dak - buitenwand	76%	1
			Wand - voet	77%	1
	Tunnel - afgez.	Moot nr.2	Dak - binnenwand	184%	3
			Dak - buitenwand	117%	1
			Wand - voet	98%	1
	Tunnel - afgez.	Moot nr.3	Dak - binnenwand	218%	3
			Dak - buitenwand	143%	1
			Wand - voet	110%	1
Toerit zuid	Moot nr.3	Wand - voet	134%	1	
Toerit zuid	Moot nr.5	Wand - voet	82%	1	

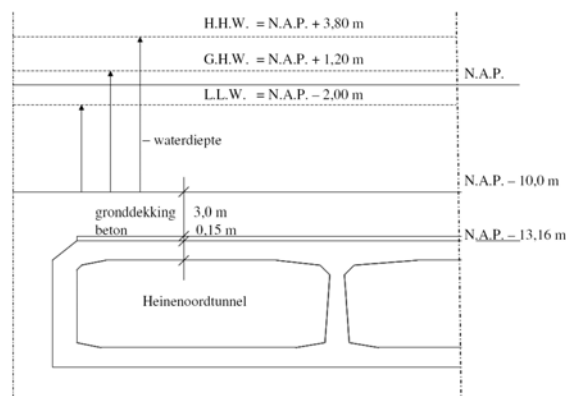
5 Toetsing volgens de TNO-IBBC methode

dinsdag 25 november 2008



Uitgangspunten berekening door TNO

- Krachten bij waterdiepte 11,2/12,2/13,2/14,2/15,2 m
- Veiligheidsfactor $\gamma = 1,20$ voor e.g. en grond
- Veiligheidsfactor $\gamma = 1,05$ voor water



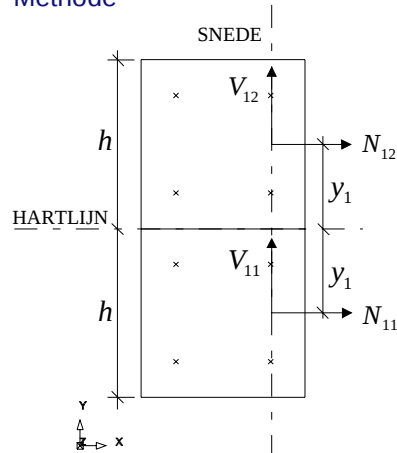
6 Toetsing volgens de TNO-IBBC methode

dinsdag 25 november 2008



DIANA – berekeningsmethode (1)

- Methode



$$N_{ij} = (\sigma \cdot h)_{ij}$$

$$V_{ij} = (\tau \cdot h)_{ij}$$

$$N = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^2 N_{ij}$$

$$V = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^2 V_{ij}$$

$$M = \sum_{i=1}^n y_i (N_{i2} - N_{i1})$$

7

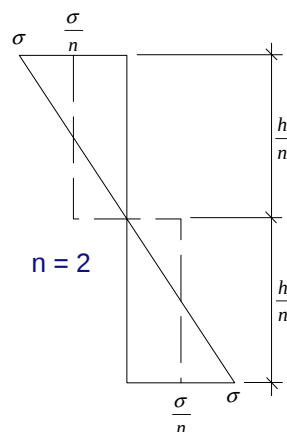
Toetsing volgens de TNO-IBBC methode

dinsdag 25 november 2008



DIANA – berekeningsmethode (2)

- Methode = BENADERING!



Exact moment: $M = \sigma \cdot \frac{1}{6} \cdot h^2$

Absolute fout: $\Delta M = -n \cdot \frac{\sigma}{n} \cdot \frac{1}{6} \cdot \left(\frac{h}{n}\right)^2$

Percentuele fout: $\Delta = \frac{\Delta M}{M} = -\frac{1}{n^2}$

$$n > 10 \Rightarrow |\Delta| < 1\%$$

8

Toetsing volgens de TNO-IBBC methode

dinsdag 25 november 2008



DIANA – type berekening

- Plane strain
- Fysisch niet-lineair in verband met niet-lineaire materiaaleigenschappen van de oplegging

9

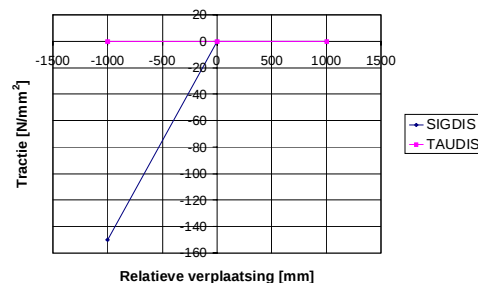
Toetsing volgens de TNO-IBBC methode

dinsdag 25 november 2008



DIANA – materiaalmodellen

- Beton: lineair-elastisch materiaalgedrag
 - soortelijke massa: $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$
 - elasticiteitsmodulus: $E = 33500 \text{ N/mm}^2$
 - poisson constante: $\nu = 0.2$
- Oplegging: niet-lineair gedrag (stijf onder druk, slap onder trek)



10

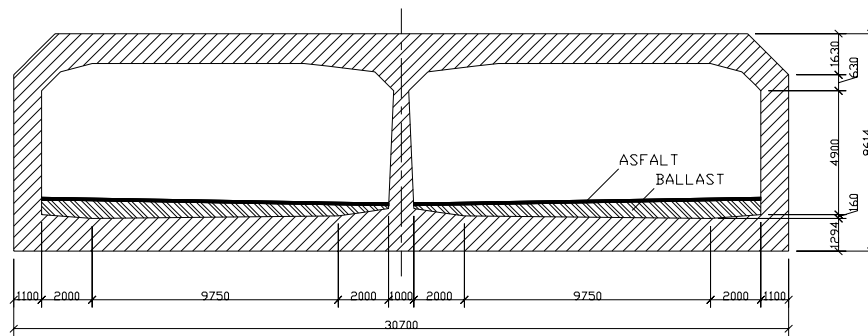
Toetsing volgens de TNO-IBBC methode

dinsdag 25 november 2008



DIANA – geometrie (1)

- Dwarsdoorsnede Heinenoordtunnel



DWARSDOORSNEDE HEINENOORDTUNNEL (ALLE MATEN IN MM)

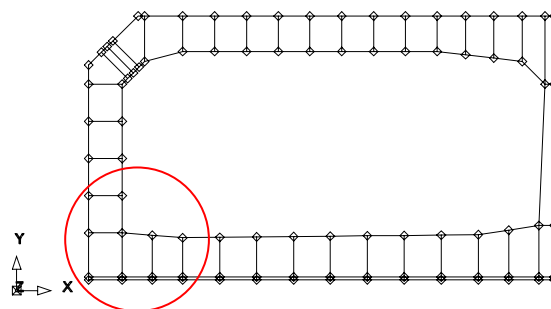
11 Toetsing volgens de TNO-IBBC methode

dinsdag 25 november 2008



DIANA – geometrie (2)

- Heinenoordtunnel in DIANA



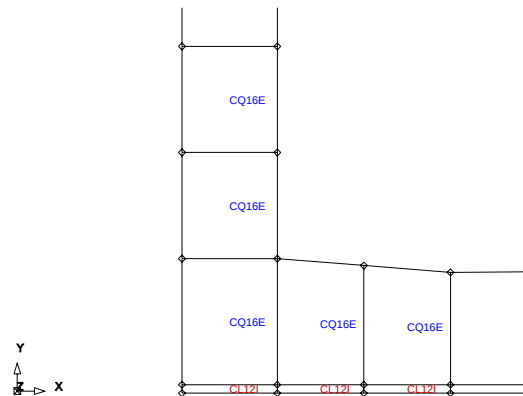
12 Toetsing volgens de TNO-IBBC methode

dinsdag 25 november 2008



DIANA – elementtypen, elementennet (1)

- Elementtypen



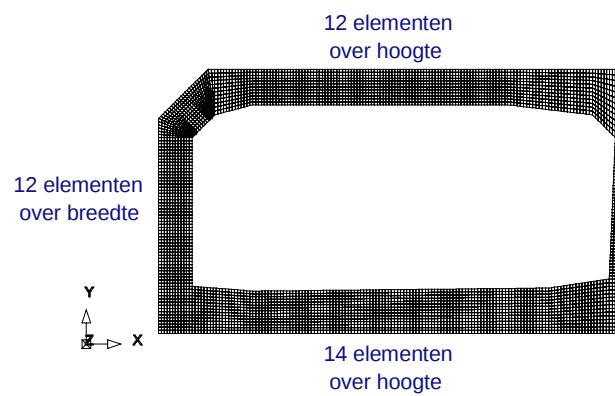
13 Toetsing volgens de TNO-IBBC methode

dinsdag 25 november 2008



DIANA – elementtypen, elementennet (2)

- Elementennet



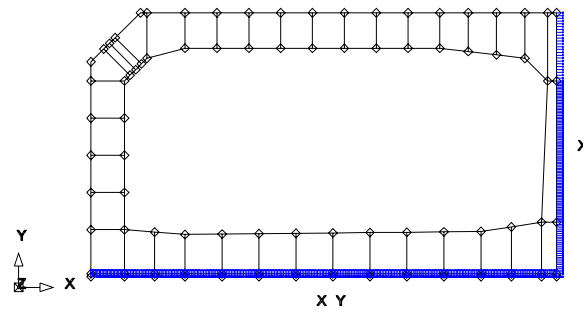
14 Toetsing volgens de TNO-IBBC methode

dinsdag 25 november 2008



DIANA – randvoorwaarden (1)

- Opleggingen



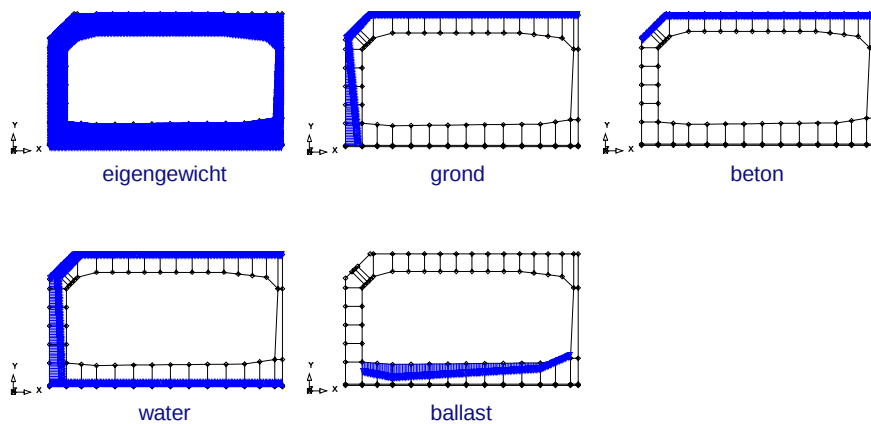
15 Toetsing volgens de TNO-IBBC methode

dinsdag 25 november 2008



DIANA – randvoorwaarden (2)

- Belastingen

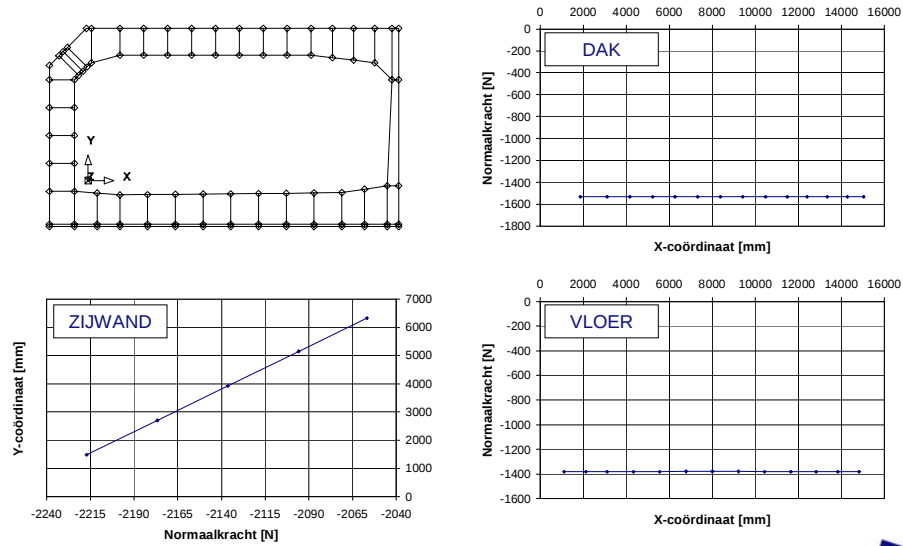


16 Toetsing volgens de TNO-IBBC methode

dinsdag 25 november 2008



DIANA – resultaten (N, UGT, max. waterdruk)

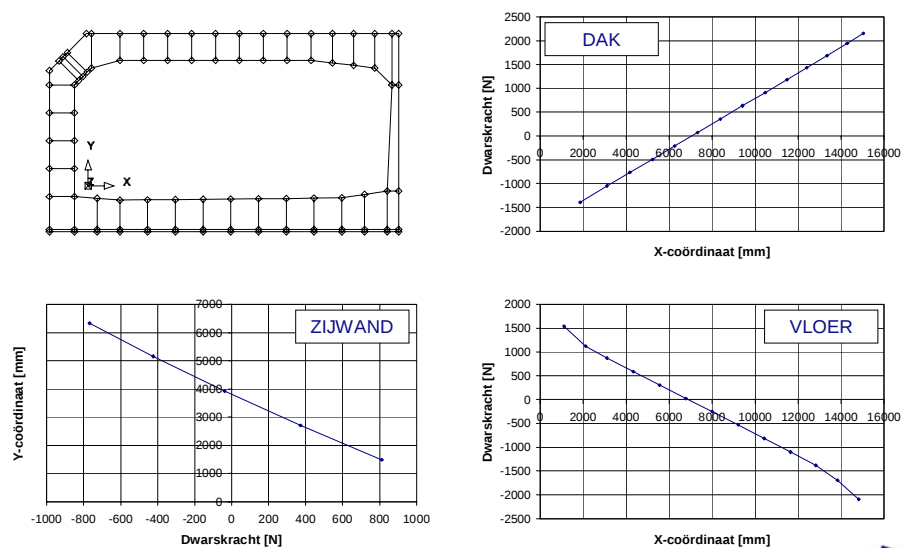


17 Toetsing volgens de TNO-IBBC methode

dinsdag 25 november 2008



DIANA – resultaten (V, UGT, max. waterdruk)

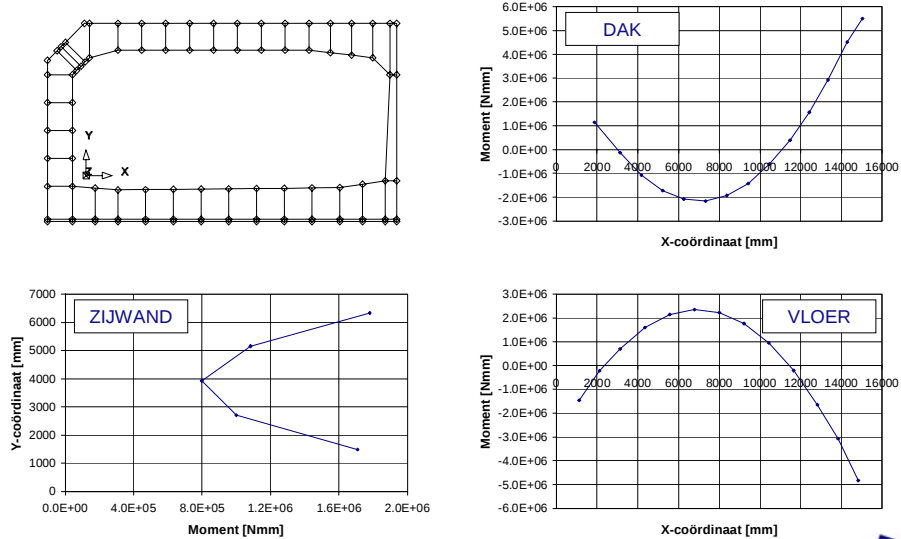


18 Toetsing volgens de TNO-IBBC methode

dinsdag 25 november 2008



DIANA – resultaten (M, UGT, max. waterdruk)

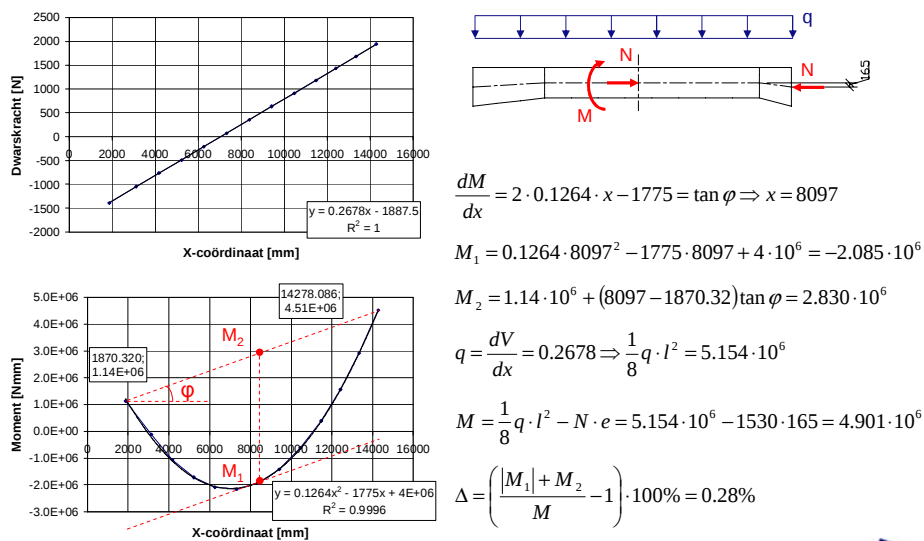


19 Toetsing volgens de TNO-IBBC methode

dinsdag 25 november 2008



DIANA – resultaten (controle veldmoment dak)



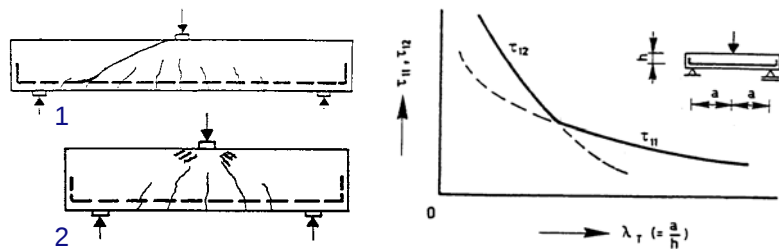
20 Toetsing volgens de TNO-IBBC methode

dinsdag 25 november 2008



Dwarskrachtmodel TNO-IBBC (1)

- Methode ontwikkeld tussen 1976 en 1981 door TNO-IBBC in samenwerking met RWS, specifiek voor tunnelconstructies. Met deze methode wordt voor elke doorsnede de optredende dwarskracht vergeleken met de dwarskrachtcapaciteit. Daarvoor dient in elke doorsnede de moment-dwarskrachtverhouding te worden berekend.
- De methode maakt onderscheid tussen bezwijken door 1) afschuiftrekbreuk (τ_{11}) en 2) afschuifdrukbreuk (τ_{12}).



21 Toetsing volgens de TNO-IBBC methode

dinsdag 25 november 2008



Dwarskrachtmodel TNO-IBBC (2)

Parameters in de relaties:

- betondruksterkte
- wapeningspercentage
- moment-dwarskrachtverhouding
- schaaffect
- normaalkracht

$$\tau_{11} = 0,17(1 + 0,01f'_{ck})(1 + \omega_o) \left(1 + 1,2 \left| \frac{V \cdot d}{M} \right| \right) \left(\frac{d}{300} \right)^{-\frac{1}{4}} \left(1 + 0,12 \cdot \left| \frac{N'_d}{bd} \right| \right)$$

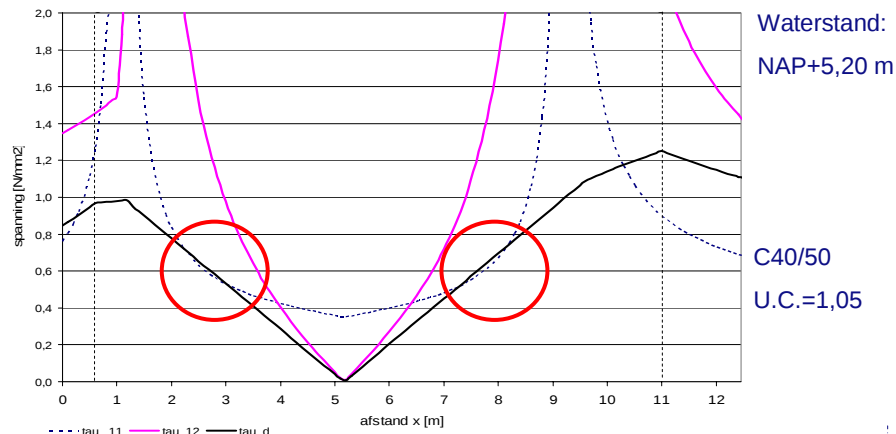
$$\tau_{12} = 0,45(1 + 0,06f'_{ck})(1 + \omega_o) \left| \frac{V \cdot d}{M} \right| \left(\frac{d}{300} \right)^{-\frac{1}{4}} \left(1 + 0,045 \cdot \left| \frac{N'_d}{bd} \right| \right)$$

22 Toetsing volgens de TNO-IBBC methode

dinsdag 25 november 2008



Doorsnede toetsing



23

Toetsing volgens de TNO-IBBC methode

dinsdag 25 november 2008



Voorlopige resultaten dwarskrachtcapaciteit

- De U.C.'s voor de UGT worden in onderstaande tabel gegeven voor C40/50. HHW ligt tussen BC3 en BC4. De tunnelzijwand vormt geen probleem m.b.t. dwarskrachtcapaciteit.

	BC 1	BC 2	BC 3	BC 4	BC 5
Dak	0,95	0,99	1,03	1,06	1,09
Vloer	0,88	0,92	0,96	1,00	1,05

- Een faalkansberekening levert $\beta = 4,0$ bij C40/50. Volgens het bouwbesluit dient dit tenminste $\beta = 3,6$ te zijn.

24

Toetsing volgens de TNO-IBBC methode

dinsdag 25 november 2008



Vervolgonderzoek

- Rekenen met massadichtheid van zoutwater
- Langeduurfactor van 0,9 naar 0,85
- Rekenen met gemeten sterkte van beton



Einde presentatie

