



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Aantoonbaarheid brandwerendheid tunnels

Kennisplatform Tunnelveiligheid
16 november 2017

Albert Manenschijn
Ron van den Ende



Doel presentatie

- Informeren over de bevindingen van RWS
- Delen van onze aanpak
- Schetsen tijdlijn
- Maken van vervolgafspraken “gezamenlijke onderwerpen”



Betonconstructie + isolatie => brandwerendheid

- Afspat**gevoelig** beton en thermische isolatie door hittewerende bekleding
- Afspat**on**gevoelig beton en thermische isolatie door overdikte beton
- Afspat**on**gevoelig beton en thermische isolatie door hittewerende bekleding



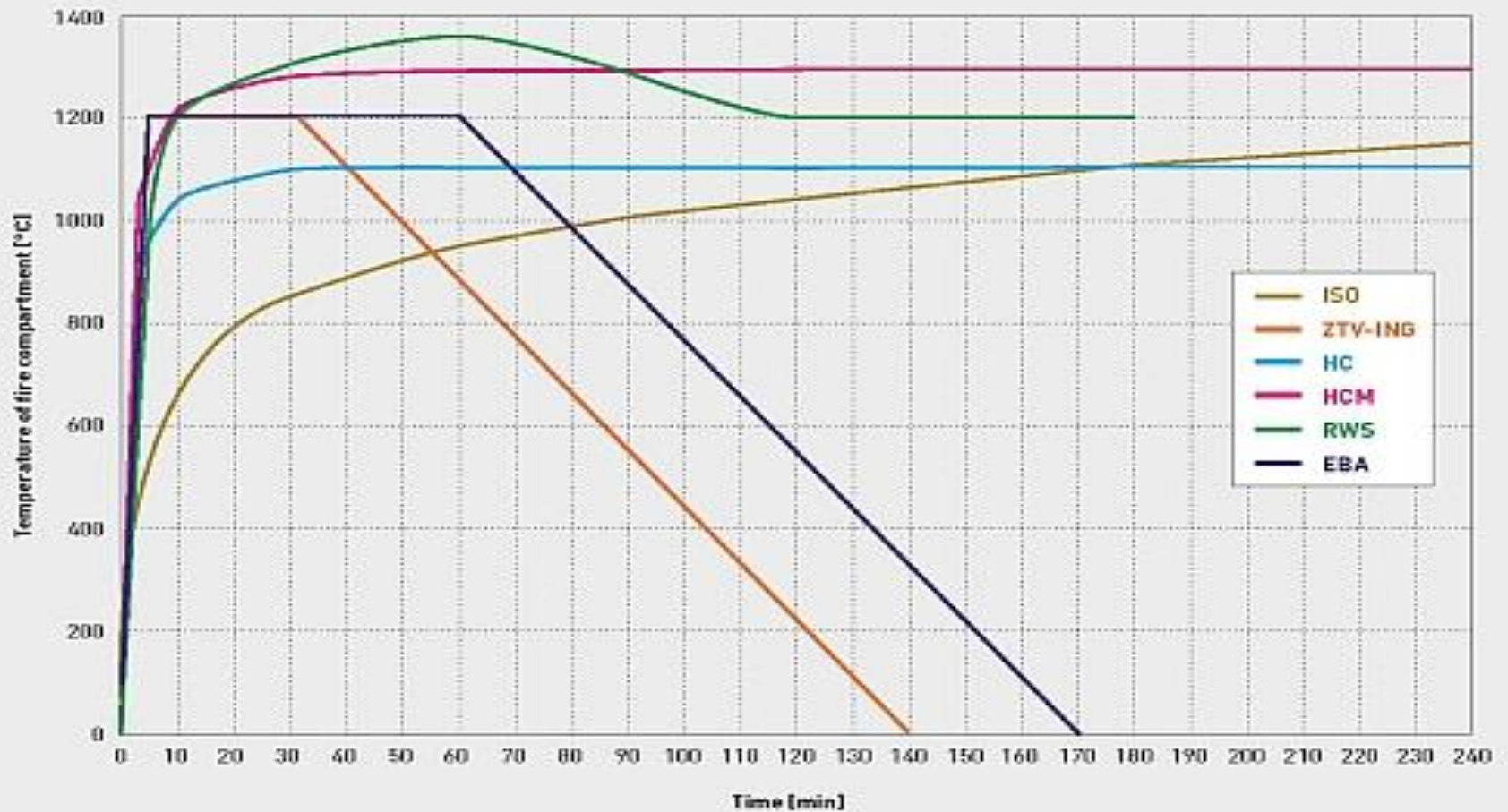
Relevante constructieve eisen

- Constructieve wapening mag niet heter dan 250 °C worden
- Constructief beton mag niet heter dan 380 °C worden
- Constructief beton mag niet afspatten
- Thermische isolatie moet blijven functioneren

Bij de RWS brandcurve gedurende 1 of 2 uur



RWS brandcurve





De RWS bevindingen

- Constructief beton mag niet afspatten
 - Recente testen laten doorgaand afspatten van beton zien.
 - Hier gaan we in de rest van deze presentatie op in.
- Bijkomend issue: Isolatie moet blijven functioneren
 - In enkele labtesten zijn “in het werk mee gestorte” hittewerende platen voortijdig losgeraakt, waardoor het systeem niet functioneert cf ontwerp
 - De leverancier heeft ook testen laten uitvoeren en die laten andere resultaten zien. Beide resultaten worden nu met elkaar vergeleken.

Hoofdlijn: Afspatten van beton

- Het door inwendige spanningen losspringen van brokken en brokjes beton.
- Bij doorgaand afspatten: tot het beton helemaal weg is en/of bezwijkt.



Figuur 5: afspatgevoelig beton. Links voor brandproef, rechts na brandproef



Inzoomen: Wat is het issue met beton?

- Recept afspat**on**gevoelig beton gebaseerd op standaard tunnelbeton, (o.a. Tweede Benelux-tunnel)
 - Recept is in 2000 getest, bleek niet af te spatten en is vervolgens toegestaan in onze normen (ROK), kortweg ROK-beton.
 - Herhaling proef 2017: ROK-beton spat **wel** en **doorgaand** af.
 - Recente rijks-tunnels vaak op dit betonrecept gebaseerd.
- ⇒ De aantoonbaarheid van de brandwerendheid van recente tunnels staat ter discussie en
- ⇒ Zorg dat recente tunnels onvoldoende brandwerend zijn bij een extreem grote brand



Het geteste beton

- Drie types beton getest, NB: beton zonder PP vezels, waarvan 2 karakteristiek voor huidig "tunnel-beton"
- Recepten kunt u nu vinden op RWS internet

Zeefanalyses en Betonsamenstelling

Code	Omschrijving	Datum berekend
CODE_BRAWAT320	BRAWAT320 LOS320-050-S332J	2016-11-08 17:55:18

Waarschuwing Oorzaak

No strength restriction set.

Zeven volgens NEN 2560	Rivierzand 0/4	Riviergrind 4/16	Riviergrind 4/32	Mengsel	Sterkte klasse	LOS
Toeleveringscode	10614	10657	10658		Statistische milieu klasse	X0-Geen corrosie of aantasting
C 63 mm	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	Exposure class	X0-Geen corrosie of aantasting
C 45 mm	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	Consistence	Zetmaatklasse S3
C 31,5 mm	0,0%	0,0%	2,0%	0,9%	Maximum aggregate size	DMax = 32
C 22,4 mm	0,0%	0,0%	27,0%	12,6%	Reinforcement	Gewapend
C 16 mm	0,0%	5,0%	48,0%	22,9%	Chloride class	Cl 0,40
C 11,2 mm	0,0%	35,0%	60,0%	31,0%	wbf / wcf	0,499 / 0,499
C 8 mm	0,0%	64,0%	73,0%	39,4%	Zand (t.o.v. toeslag)	45,00% V/V
C 5,6 mm	0,0%	83,0%	93,0%	50,3%	Chloridegehalte (tot bindmiddel)	0,09% M/M
C 4 mm	9,0%	97,0%	99,0%	58,3%	Alkaligehalte	0,21kg
2 mm	17,0%	99,0%	100,0%	62,6%	Luchtgehalte	10,0L
1 mm	32,0%	100,0%	100,0%	69,4%	Temperatuur:	13°C
500 µm	59,0%	100,0%	100,0%	81,6%	waterbehoefte	159,6L
250 µm	94,0%	100,0%	100,0%	97,3%	Aanmaakwater	159,6L
125 µm	99,0%	100,0%	100,0%	99,6%	Eff, aanmaakwater (zonder slib)	159,6L
63 µm	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	Geabsorbeerd water	17,5L
Rest	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	Aanhangend vocht	17,5L
Fijnheidmodulus	3,10	6,65	7,22	5,32		
Vocht	0,3%	1,6%	1,4%			
Absorptie	0,3%	1,6%	1,4%			
Verhouding toeslag	100,00%	14,90%	85,10%			
Fractie	45,00%	8,20%	46,80%			
Vol. massa	2,64kg/L	2,65kg/L	2,63kg/L			

Grondstoffen	Te doseren massa	Droge massa	Volume fijn	T.o.v. cement
CEM III/B 42,5 N	320kg	320kg	108,5L	
Rivierzand 0/4	859kg	856kg	19,5L	
Riviergrind 4/16	159kg	157kg	0,6L	
Riviergrind 4/32	900kg	887kg	0,0L	
SL-01 con. 35%	0,640kg	0,640kg	0,0L	0,20% m/m
Cretoplast 35%	0,640kg	0,640kg	0,0L	0,20% m/m
Bronwater	160kg	160kg	0,0L	
Lucht	10L	10L	0,0L	
Totaal	2399kg		128,5L	



Inzoomen: Afbakening issue met beton

- Tunnels tot en met 2000 zijn gevalideerd door de proef uit 2000
- Aanwijzing dat er rond 2008 een verandering is (toename afspatgedrag ROK-beton in proeven bij brandtestbureau Efectis)
- Daarom focus op
 - bestaande tunnels waarvan het beton is gestort vanaf 2008
 - Lopende tunnelaanleg projecten



Mogelijke impact op recente bestaande tunnels

- Nu niet aantoonbaar dat ze aan Bouwbesluit (brandwerendheidseis) voldoen
- Zorg over gedrag bij de maatgevende grote brand (200MW):
Kan bij doorgaand afspatten de tunnel voortijdig bezwijken?
- Uitvoeren risico-analyse:
 - Voldoet nog aan eisen brandwerendheid (120 / 60 min)?
 - Mogelijk effect op Groepsrisico (gebruikers)?
 - Extra risico voor hulpdiensten?
 - Effect voor omstanders (op dak)?



Kwalitatieve risico-analyse: worst case aanpak

Conservatieve aannames, dus worst-case en bij extreem grote brand:

- Na 10 minuten RWS-brandbelasting op kaal beton begint doorgaand afspatten. Vervolgens spat 7 cm beton in 12 minuten af.
- “in het werk mee gestorte” hittewerende platen laten los na 27 min.

Drie redeneerstappen

- Heeft (lokaal) bezwijken van de tunnelconstructie door de extreem grote brand invloed op het functioneren van de veilige ruimte?
- Zo ja, is de minimale bezwijktijd korter dan de maximale vluchttijd uit de tunnel?
- Zo ja, detailanalyse > komen vluchters hierdoor in gevaar?



Kwalitatieve risico-analyse: uitkomst voor vier recente tunnels

- Koning Willem Alexander tunnel (A2)
- Tweede Coentunnel (A10)
- Salland-Twentetunnel (N35)
- Ketheltunnel (A4)

Uitkomst voor deze vier tunnels=>

- Veilig vluchten is mogelijk
- Er is geen extra risico voor vluchters
- Afspraken met hulpdiensten en bevoegd gezag zijn gemaakt om risico's voor hulpverleners en omstanders te mitigeren

PS: Leidsche Rijn Tunnel (A2):

- PP-vezel beton > getest > spat niet af > voldoet!



Principe vervolgaanpak

1. Bestaande tunnels (2008 en jonger) weer aantoonbaar laten voldoen
2. Nader onderzoek naar tunnels tussen 2000 en 2008
3. Lopende tunnelbouw projecten en projecten in voorbereiding
4. Afronden onderzoek naar “kaal tunnel-beton” en resultaten delen
5. Organisatie RWS, Communicatie en samenwerking

NB: besluitvorming over diverse stappen zal nog plaatsvinden



Ad 1: Bestaande tunnels (2008 en jonger) weer aantoonbaar laten voldoen

- Fase 1 (grotendeels afgerond)
 - Probleemanalyse
 - Uitwerken Fase 2
- Fase 2 (nu - 1^e helft 2018)
 - Herstelmaatregel ontwerpen,
 - afweegkader,
 - Besluitvorming
 - maatwerk per tunnel, herstelplan, in-situ aantonen
- Fase 3 (medio 2018 – medio 2019)
 - Uitvoeren herstelmaatregelen



Ad 2: Nader onderzoek naar tunnels tussen 2000 en 2008

- Archiefonderzoek
 - bij Efectis gestart: relatie betonmengsel en verandering 2008?
 - Zo ja > bij tunnels: details gebruikt beton?
- Optie: Materiaalonderzoek aan het gerealiseerde beton 2000 - 2017
 - Zien we een verandering die gelinked kan worden aan afspatgevoeligheid?
 - Dit is alvast uitgevraagd bij TNO
- ...



Ad 3: Lopende tunnelbouw projecten / projecten in voorbereiding

Additionele aanpak / testen om brandwerendheid te borgen

Contracteisen aangepast:

- Brandtest mag niet ouder zijn dan 3 jaar
- Brandtest moet het systeem testen: beton + HWB + bevestiging

Nog in uitwerking

- Op welk detailniveau het betonmengsel en uitvoering verifiëren



Ad 4: Afronden en delen huidig onderzoek.

- Brandtesten op kaal beton en details betonmengsels
 - Nu beschikbaar op RWS internet
- Herstelmaatregel: Brandtesten op kaal beton met HWB
 - Uitgevoerd, nota in afronding, besluitvorming intern volgt.
- Gedrag en effect “kleinere branden”.
 - Dit hebben we nu opgepakt en uitgevraagd bij TNO, planning volgt
- PS: maken proefstuk, uitharden, uitvoeren brandtest kent een doorlooptijd van minstens 4 maanden.



Ad 5: Organisatie Rijkswaterstaat

- RWS heeft Landelijk Kernteam ingesteld, waarin o.a. zitting hebben:
 - betrokken regionale diensten
 - GPO/Techniek en GPO/projecten
 - Landelijke Tunnelregisseur
 - Communicatie
 - Juridisch
 - Beleidskern
- Doel:
 - voert regie op (uniform) vervolgonderzoek, besluitvorming, aanpak herstel en informeren verantwoordelijk minister
 - handelt vragen centraal af
 - Instellen beheersmaatregelen
- RWS-regio's zijn verantwoordelijk voor contacten met VB/BG/VR



Ad 5: communicatie en samenwerking

- Beantwoorden vragen
- Kennis delen
 - Via KPNRT en KPT, vandaag,
 - Nadere gesprekken met andere projecten of tunnelbeheerders, bv Rotterdamse Baan, Stadsbaan Utrecht, ...
- Elkaar versterken door
 - samenwerken op gemeenschappelijke onderwerpen
 - elkaar periodiek informeren
 - Voorkomen verwarring door eenduidigheid in begrippen en interpretaties
 - ...