

AFGEZONKEN TUNNEL BJORVIKA bij OSLO

REALISATIE VAN DE HOOGSTE BRANDBEVEILIGING TER WERELD



Het openbare project:

In 1983 besloot de gemeente Oslo om de verkeersdoorstroom langs de fjord (de Bjorvika fjord) te verbeteren. Er werd niet alleen van deze gelegenheid gebruik gemaakt om meer ruimte te bieden voor stadsontwikkeling, maar ook om een milieuvriendelijker vervoerssysteem te creëren in het centrum van Oslo. Er rijden dagelijks ongeveer 120.000 voertuigen langs het water en dus besloot de Noorse Rijkswaterstaat om een afgezonken tunnel aan te leggen voor minder tijdverlies, geluidsoverlast en vervuiling. Om deze tunnel te bouwen, werd besloten om zes elementen van beton met een lage doorlaatbaarheid te prefabriceren (in een onshore prefab fabriek in Bergen) van 112,5 meter lang, 10 meter hoog en 40 meter breed met een maximaal gewicht van 37.000 ton. Deze prefab elementen werden over een afstand van 800 kilometer over zee vervoerd. Dit duurde ongeveer 5 dagen. Bij aankomst op de site werden er vier ballasttanks in de elementen geplaatst die met water werden gevuld om ieder element te laten zinken. Het afzinken duurde 14 dagen per element. Elk tunnelement werd naar de uiteindelijke plek op de bodem van de zinksleuf gebracht.

AFGEZONKEN TUNNEL van BJORVIKA – BRANDBEVEILIGING met FIRE BARRIER 135

INNOVATIVE. FIRE. SYSTEMS

Alle elementen werden onder water stuk voor stuk tegen elkaar aangelegd, waarna het resterende water uit de ruimte tussen de schotten werd gepompt. De geschatte waterdruk ligt rond de 3500 ton op het vrije uiteinde van het bijgeplaatste element. Hierdoor wordt de rubber naad tussen de twee elementen samengedrukt en komt de aansluiting tot stand. Wanneer de tunnel is aangesloten, worden de watertanks vervangen door beton. Dit vormt dan het blijvende gewicht van de ondergedompelde tunnel. De ruimte naast en boven de tunnel wordt opgevuld, waardoor de tunnel wordt begraven.

Hoe verkrijgt men een maximale brandveiligheid:

Thermische berekeningsmethode van tunnelbekledingen

Bij het ontwerpen van tunnelbekledingen worden vaak ontwerpregels voor gebouwen toegepast, zoals de Eurocodes. In het algemeen wordt de temperatuur in het beton berekend, hetgeen dan weer de draagcapaciteit oplevert. Deze berekeningen werken goed voor veel toepassingen, maar kennen hun beperkingen. In de norm EN 1992-1-2, waarin de Eurocodes voor betonstructuren opgenomen zijn, gelden de materiaalmodellen alleen voor opwarmingswaarden tussen 2 en 50 °C/minuut, aangezien niet uitdrukkelijk rekening wordt gehouden met trekeffecten. De Noorse autoriteiten zijn van mening dat dit tot foute resultaten leidt. Zij gingen voor deze tunnel liever van modellen uit waarbij rekening gehouden wordt met een hogere verhittingsnelheid, zoals de Nederlandse RWS tijd-temperatuurcurves, waarbij opwarmingswaarden van 200 – 240°C/minuut voorkomen.

Krachten als gevolg van thermische uitzettingen in hyperstatische structuren

Om diepgaand onderzoek te plegen naar de geschikte bekleding voor de brandbeveiliging, voerden de Zweedse en Noorse autoriteiten in de loop van 2006 met drie verschillende producten een serie brandproeven uit op zwaar beton. Zij kwamen tot de volgende conclusies. Bij verschillende betonkwaliteiten zijn brandwerendheid ten aanzien van temperatuurreactie en afbrokkeling bepaald. Beton met een toevoeging van polypropyleenvezel levert een zeer goede prestatie. Er bestaan echter nog wel vragen over de duurzaamheid op de lange termijn van deze vezels, met name wat betreft de vorstbestendigheid en de penetratie van chloride-ionen.

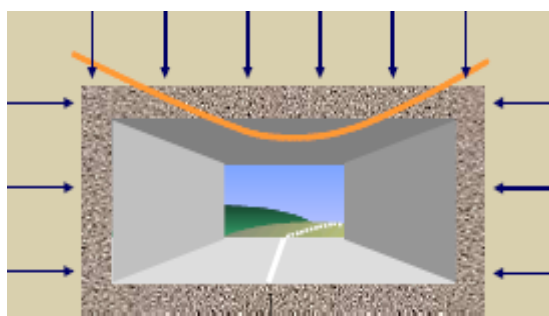
De zwaarste brandproef ter wereld voor tunnels

De testen op beton met bepaalde beschermingen leverden geen goede resultaten op, want hoewel er documentatie bestond over de prestatie van de geteste producten, bleken deze niet te voldoen aan de extreme invloeden waaraan zij door deze proeven blootgesteld werden. In deze studie werden drie verschillende systemen getest op een belaste plaat met een samendrukking van het beton van 5.5 Mpa die geen van alle voldeden. Naar aanleiding hiervan gaf de Noorse Rijkswaterstaat in juni 2007 een rapport uit (TR-2494) met daarin een beschrijving van de methode om brandbeveiligingssystemen in tunnels te testen.

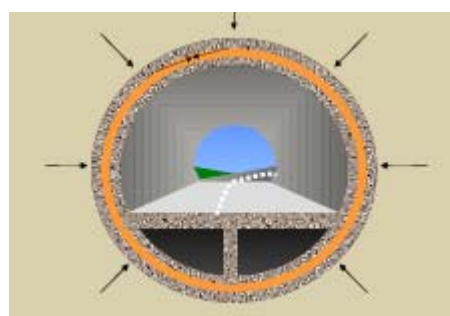
INNOVATIVE. FIRE. SYSTEMS PASSIVE. FIRE. PROTECTION



Deze testmethode dient overeen te stemmen met de RWS brandcurve waarbij het buigmoment van de hyperstatische structuur zo goed mogelijk nagebootst dient te worden zodat het plastische moment dat ontstaat door de permanente belasting als gevolg van de temperatuurstijging gesimuleerd kan worden.



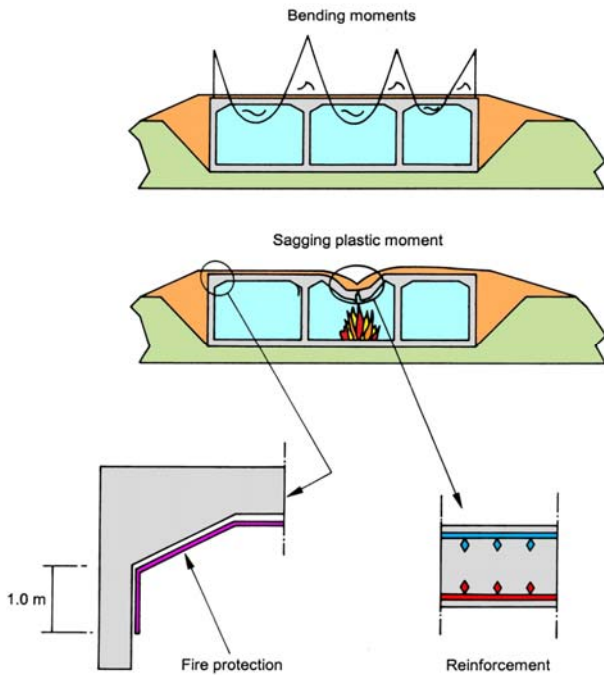
Afgezonken tunnel of afgedekte sleuf



Geboorde tunnel

De Noorse Rijkswaterstaat wilde niet de brandweerstandproef reproduceren die in Nederland uitgevoerd wordt voor geboorde tunnels, daar deze geen rekening houdt met de krachten die uitgeoefend worden op hyperstatische structuren.

INNOVATIVE FIRE SYSTEMS



De brandweerstandproeven dienen daarom uitgevoerd te worden op grote nagespannen betonstroken met een lengte 3,6 meter, geplaatst in een horizontale oven, en belast met 4644 kN, wat een theoretische druksterkte geeft van 12,9 MPa op het blootgestelde oppervlak.

De Noorse autoriteiten hebben echter de filosofie overgenomen van de aanbevelingen van maart 2005 (bijlage F3.1) van de Franse circulaire 2000-63 om de test uit te voeren op grote belaste platen (4m x 3m) en hierop een vuurbelasting uit te oefenen (bijlage F3.3).

In het kader van de gezamenlijke vereisten wat betreft grote draagwijdte, belasting, onder een vuur van 300 MW, kan gesteld worden dat Fire Barrier 135 met succes de strengste vuurtest ter wereld doorstaan heeft voor afgezonken tunnels en/of hyperstatische structuren.

De brandtests moeten worden uitgevoerd in een laboratorium dat ISO 9001 of ISO/IEC 17025 is gecertificeerd. De eis is ook dat het materiaal vorstbestendig is in overeenstemming met EN 1387-1 (40 cycli -20 °C tot 10°C), 50 miljoen cycli vermoeidheidstesten kan doorstaan en bestand is tegen hoogdrukreiniging van 150 bar, alkali en betonrot.

De prestaties van de gespoten mortel Fire Barrier 135:

INNOVATIVE FIRE SYSTEMS is sinds mei 2003 de enige distributeur in de wereld van FIRE BARRIER 135 en heeft al meer dan 35 contracten gesloten voor tunnels in Frankrijk, Spanje, Monaco, Italië en Egypte. Bij dit project was Thermal ceramics de enige leverancier die het risico nam om een dergelijke veeleisende test uit te voeren, die een investering van meer dan 150.000 euro eiste. Zowel een erkende leverancier van bekledingsplaten, als een leverancier van vermiculiet gespoten mortel (beide van dezelfde groep), lieten hun producten niet meer opnieuw testen na hun eerste mislukte proef voor de metro van Malmö in Zweden in 2006..

Op basis van 15 eerdere vuurproeven met FIRE BARRIER 135 in vijf verschillende laboratoria (TNO, CSI, CSTB, SINTEF) met drie verschillende brandcurves (RWS, HCinc, ISO) en verschillende soorten beton (druksterkte tussen 35 tot 76 Mpa), besloten INNOVATIVE FIRE SYSTEMS & THERMAL CERAMICS om te voldoen aan de eisen van de Noorse Rijkswaterstaat. Het FIREBARRIER 135 systeem werd een jaar lang intensief beproefd.

Er werden meerdere proeven op het gebied van de brandwerendheid, fysieke eigenschappen en de levensduur uitgevoerd door het Nationale Zweedse test- en onderzoeksinstituut in Borås. De vuurbelasting werd ingesteld op een vuur van 300 MW gedurende minimaal twee uur, volgens de

INNOVATIVE FIRE SYSTEMS – FIRE PROTECTION with FIRE BARRIER 135 – BJORVIKA TUNNEL

INNOVATIVE. FIRE. SYSTEMS PASSIVE. FIRE. PROTECTION

RWS brandcurve. Het oppervlak dat was beschermd met een laag van 36 mm FIRE BARRIER 135, versterkt met roestvrij stalen gaas met een diameter van 1,9 mm, 50 mm x 50 mm, in verbinding met beton met tussenstukken en verankeringen om de 40 cm bij 40 cm, had na twee uur een gemiddelde contacttemperatuur van minder dan 265 °C.

De alkaliweerstand werd gemeten volgens de Noorse specificaties. De brandbeveiliging moest bij het begin van de testen in een periode van minimaal zes (6) weken bij 23±2 °C / 50±5 % RF uitharden worden geconditioneerd. Een serie testen (minimaal 5 testmonsters) moest 2 dagen in 1N NaOH (1 mol/l natriumhydroxide) van 23 ±2°C liggen, dat was gespoeld met gedistilleerd water en minimaal vier (4) weken werd geconditioneerd op 23±2°C / 50±5 % RF. Tegelijk werd er een set referentieproeven (minimaal 5 testmonsters) minimaal vier (4) weken geconditioneerd op 23±2 °C / 50 ±5 % RF zonder bovenvermelde inwerking van alkali.

Hierna werd de aanhechting van beide serie testen getest volgens NS-EN 1542:1999. De aanhechting van de brandbeveiliging op het referentiebeton was maximaal 20% verminderd door inwerking van de alkali en de brandbeveiliging vertoonde geen sporen van beschadiging naar aanleiding van de inwerking van alkali.

De carbonisatietest werd uitgevoerd volgens EN 13295:2004, weerstand tegen carbonisatie ten gevolge van een reactie op de CO₂ uit het verkeer.

De vorstbestendigheid werd getest volgens EN 13687 – 1 : 2002. De testduur bedroeg 50 cycli van 4 uur en de test bestond uit een twee uur durende onderdompeling in een tank met daarin een oplossing van gesatureerde natriumchloride op een temperatuur van -15°C (+/-2), gevolgd door een twee uur durende opslag in een watertank bij een temperatuur van 21°C (+/-2).

De inspanningsproef werd uitgevoerd volgens de Noorse specificaties: de brandbeveiliging inclusief de mechanische verankering voldeed aan de eisen van de relevante verkeersbelastingen die in de tunnel voorkomen. Het verkeersvolume bedraagt 100.000 voertuigen per dag. Gedurende 15 miljoen cycli werden de volgende dynamische druk / zuigkrachten toegepast: trekkracht 1.97 Kpa, drukkracht 1.56 Kpa.

De test van de hogedrukreiniging werd uitgevoerd volgens de Noorse specificaties. De brandbeveiliging en de oppervlakken moeten bestand zijn tegen periodieke, normale reiniging van de tunnel: er werden 120 reinigungsoperaties uitgevoerd bij 50 tot 150 bar gedurende een minuut op één m² met een waterdebiet variërend van 10 tot 25 liter/minuut/spuitmond met een afstand van 500 mm tussen de spuitmonden en de brandbeveiliging om de totale verwachte levensduur te simuleren.

INNOVATIVE. FIRE. SYSTEMS



Installatiewerken van de gespoten mortel Fire Barrier 135 :

INNOVATIVE FIRE SYSTEMS heeft een uitgebreide ervaring in installaties waarbij de levertijd kritiek is. In de Bjorvika tunnel moest INNOVATIVE FIRE SYSTEMS meer dan 35.000 m² FIRE BARRIER 135 aanbrengen vóór het begin van de herfst. INNOVATIVE FIRE SYSTEMS heeft 60 arbeidskrachten en technici ingezet. De gehele organisatie bestaat uit teams die belast zijn met de reiniging van de ondergrond, de installatie van het gaas, het aanbrengen van de uitzetvoeg, het aanbrengen van diktelatten, het spuiten en gladstrijken van de mortel, het verwijderen van de diktelatten. Er werd een streng kwaliteitsplan opgesteld met metingen van de bevestigingspunten van het gaas, trekproeven op de verankeringen (100 daN per stuk), afstand tussen de steunen voor de tussenstukken, diktemetingen van de mortel. Maar er werd ook mortel afgenomen om de dichtheid te meten, het afbrandverlies en de drukweerstand. Iedere week (gemiddeld, ofwel 4 maal zo vaak als vereist door de klant) werden er in situ aanhechtingsproeven uitgevoerd.

INNOVATIVE FIRE SYSTEMS PASSIVE FIRE PROTECTION



De uitzetvoegen werden gezamenlijk door Statens Vegvesen en INNOVATIVE FIRE SYSTEMS onderzocht om te voldoen aan alle voegproblemen van een afgezonken tunnel.

- Een waterstop met een maximaal toelaatbare temperatuur van 80 graden, met een constante RWS brandblootstelling
- Een veronderstelde uitzetbeweging van 3,5 cm in het midden van de tunnel.
- Een weerstand tegen hogedrukreiniging op 150 bar

IFS heeft een product samengesteld dat bestand is tegen 1400 graden, bestaande uit geprefabriceerde en gespoten Fire Barrier 135 panelen.

