



MAAK UW BETON-NAAR- BETONVERBINDING KLAAR VOOR BRAND!

Achteraf aangebrachte
bewapeningsverbindingen
bij brand conform EN 1992-1-2 [1]
met gebruik van het injectiesysteem
op cementbasis HIT-FP 700-R
van Hilti

07/2022



INHOUD

Uittreksel	<u>3</u>
-------------------	--------------------------

Algemeen	<u>3</u>
-----------------	--------------------------

Brandontwerp	<u>5</u>
---------------------	--------------------------

Een nieuw hoofdstuk in brandontwerp

– Hilti injectiesysteem op cementbasis HIT-FP 700-R	<u>6</u>
– Geverifieerd superieur brandgedrag voor uw achteraf aangebrachte bewapeningsverbinding met gebruik van Hilti HIT-FP 700-R	<u>8</u>
– Alleen Hilti HIT-FP 700-R komt overeen met de getabelleerde gegevens van EN 1992-1-2 [1]	<u>11</u>
– Alleen Hilti HIT-FP 700-R voldoet volledig aan de vereenvoudigde berekeningsmethode van EN 1992-1-2 [1]	<u>12</u>

Kracht van het Hilti team voor uw volgende bouwproject

– Hilti-injectiesystemen voor achteraf aangebrachte bewapeningsverbinding en Hilti-ontwerpsoftware	<u>15</u>
--	---------------------------

Samenvatting	<u>18</u>
---------------------	---------------------------

Referenties	<u>19</u>
--------------------	---------------------------

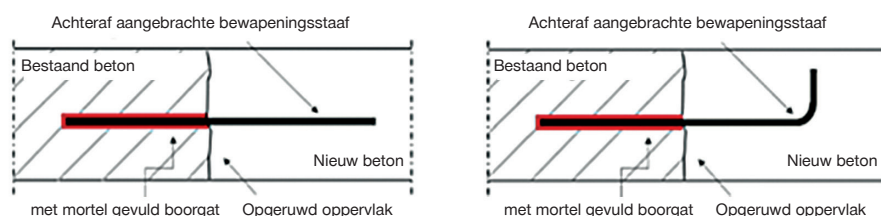
UITTREKSEL

Blootstelling van betonconstructies aan brand leidt tot aanzienlijke verliezen in mechanische en fysieke eigenschappen van beton, achteraf aangebrachte bewapening en de hechtingseigenschappen van de mortel ertussen. Verslechtering van de hechtingseigenschappen van achteraf aangebrachte bewapening bij brand kan de belastingcapaciteit van deze betonverbinding aanzienlijk beïnvloeden. Daarom moet rekening worden gehouden met het hechtgedrag van achteraf aangebrachte bewapening voor het structurele brandtechnische ontwerp van achteraf aangebrachte beton-naar-betonverbindingen. Tot nu toe is geen van de bestaande injectiesystemen (op hars gebaseerde organische systemen) voor achteraf aangebrachte bewapening momenteel in staat om een één-op-één EN 1992-1-2 [1] ontwerp voor betonconstructies in geval van brand mogelijk te maken. Dit komt doordat de materiaaldegradatie van organische injectiemortels veel meer uitgesproken is bij verhoogde temperatuur dan die van het basismateriaal beton en de hechting van ingegoten stalen bewapeningsstaven.

Deze parameter zal aanzienlijk worden gewijzigd met Hilti HIT-FP 700-R injectiemortel (anorganisch systeem op cementbasis) voor achteraf aangebrachte beton-naar-beton verbindingen met de hoogste weerstand met betrekking tot de reactie van de hechtingseigenschap bij brand...**lees verder om erachter te komen hoe de Hilti-revolutie van achteraf aangebrachte bewapening verdergaat met Hilti HIT-FP 700-R injectiemortel.**

ALGEMEEN

Beton-naar-betonverbinding via achteraf aangebrachte bewapening is al tientallen jaren gebruikelijk in de dagelijkse bouwpraktijk. Deze worden gebruikt in nieuwbouwprojecten, maar ook bij renovatie of wijzigingen van gebruik. Achteraf aangebrachte bewapeningsstaven bestaan uit het plaatsen van vervormde bewapeningsstaven (bewapening) in de in beton geboorde gaten die zijn gevuld met injecteerbare mortels. Zoals getoond in **afb. 1**, worden de bewapeningsstaven ingebed in lijm, in een gat dat is geboord in een bestaand betonelement, en worden deze aan de andere kant in het nieuwe beton gegoten. Terwijl het deel van de bewapeningsstaven dat in bestaand beton is geplaatst, recht is, kan het deel dat in nieuw beton wordt ingebed recht of haaks zijn.



Afb. 1: Achteraf aangebracht rechte of haakse bewapeningsstaaf

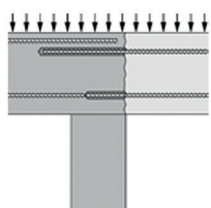
Over het algemeen zijn er momenteel twee officiële ontwerpopties voor achteraf aangebrachte beton-naar-betonverbindingen beschikbaar naast ontwerpopties die door fabrikanten worden geleverd. Ten eerste, achteraf aangebrachte bewapeningsverbindingen die zijn toegestaan met rechte vervormde ingegoten bewapeningsstaven conform EN 1992-1-1 [2], waarbij injectiesystemen kunnen worden gebruikt die zijn gekwalificeerd conform EAD 330087-01-0601 [3] (koud- & brandontwerp behandeld). De toepassingen die onder EAD 330087-01-0601 [3] vallen, zijn beperkt tot overlap-

pende verbindingen, eindverankeringen van eenvoudig ondersteunde betonnen delen, eindverankering onder drukbelasting en verankering om het geheel van werkende trekkrachten in buigende delen te dekken, zie **afb. 2**. Het ontwerp van de momentvast verbinding moet als overlappingslas worden uitgevoerd.

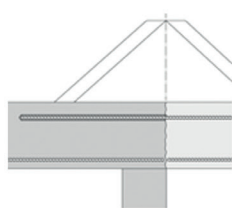
Omdat dit soms niet mogelijk is, bijvoorbeeld bij renovatieprojecten [4], begon de revolutie in bewapening met de introductie van het technisch rapport EOTA TR 069 [5]. Dit rapport regelt het ontwerp en de uitvoering van bewapeningsverbindingen voor hard beton naar betonvoegen op Europees niveau zonder uitvoering als overlapvoeg maar alleen in het geval van een “koud ontwerp”.

Zoals besproken, kunnen toepassingen zoals gegeven in **afb. 2** en uitgevoerd met achteraf aangebrachte bewapening theoretisch worden ontworpen conform EN 1992-1-2 [1] met inachtneming van gedrag bij brand. Een dergelijk ontwerp is gebaseerd op het begrip van zowel het materiaal van bewapeningsstaal, injectiemortel als het constructieve gedrag van aan brand blootgesteld beton. Hoewel er veel achteraf aangebrachte bewapeningssystemen van verschillende fabrikanten op de markt zijn, kunnen deze strikt genomen niet wat betreft brand worden gebruikt, aangezien het op hars gebaseerde materiaal (organische systemen) waarvan de eigenschappen bij een kort temperatuurbereik aanzienlijk veranderen, veiligheidsgerelateerde problemen kan veroorzaken [6]. Dit zal veranderen als Hilti de Rebar-revolutie voortzet met het toevoegen van een brandwerende injectiemortel voor achteraf aangebrachte bewapeningstoepassingen ontworpen conform EN 1992-1-2 [1] voor toepassingen zoals vermeld in **afb. 2**.

Opmerking: Toepassingen die onder EOTA TR 069 [5] vallen, dekken nu nog geen brandactie en kunnen daarom wat betreft brand niet worden gebruikt. EOTA TR 069 [5] maakt geen deel uit van de volgende bespreking.



Overlapverbinding voor bewapeningsverbindingen van platen en liggers



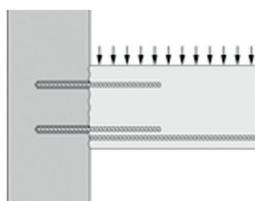
Verankering van bewapening om de lijn van werkende trekkracht af te dekken



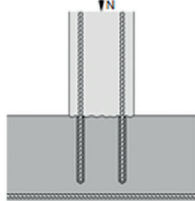
Eindverankering van trap aan muur



Verlenging van kolommen met overlappingslassen



Eindverankering van platen of liggers (eenvoudig ondersteund)



Componenten onder druk voornamelijk in compressie



Wandverlenging met overlappingslassen



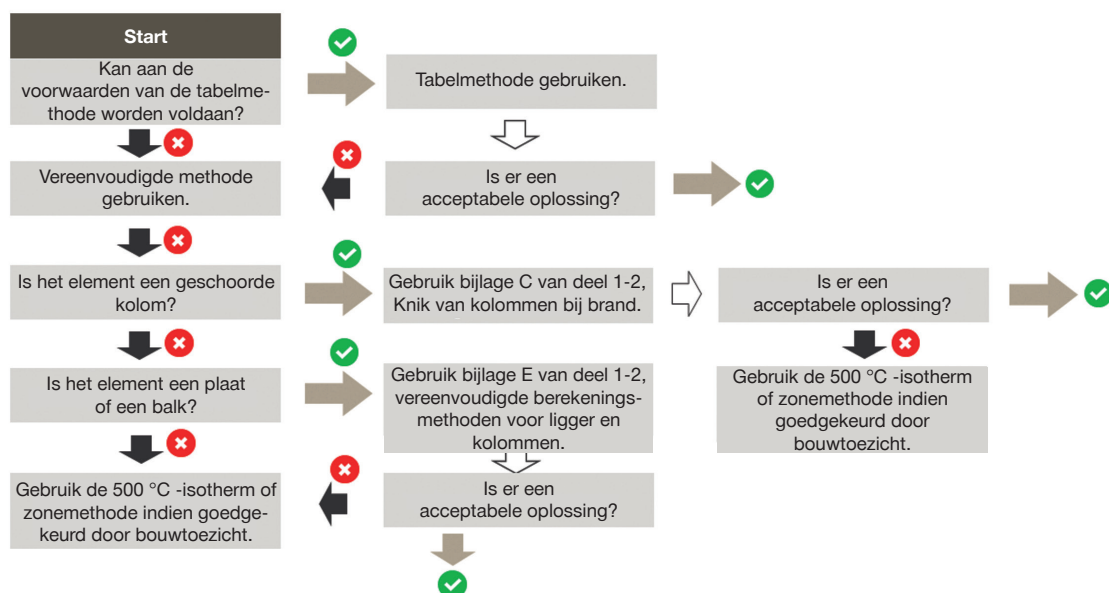
Plaat aan muur via overlappingslassen of eindverankering

Afb. 2: Voorbeelden van achteraf aangebrachte bewapeningsverbindingen die zijn toegestaan met rechte, vervormde ingegoten bewapening conform EN 1992-1-1 [2] en EN 1992-1-2 [1]

BRANDONTWERP

De Eurocode voorziet in verschillende procedures voor het ontwerpen van betonnen constructiedelen in geval van brand, zowel als voorschrift als prestatiegericht. Over het algemeen kunnen deze methoden worden ingedeeld in drie categorieën, die in een later stadium in meer detail zullen worden besproken in combinatie met achteraf aangebrachte bewapeningssystemen:

- getabelleerde gegevens voor erkende ontwerp oplossingen,
- vereenvoudigde engineeringmethoden (bijv. 500 °C-isothermmethode of zonemethode) voor gespecificeerde typen structurele elementen,
- geavanceerde thermo-mechanische of thermo-hydrmechanische materiaalmodellen van staal en beton voor numerieke modellering van delen van constructies of voor de gehele constructie. Aangezien geavanceerde berekeningsmethoden gebaseerd zijn op een “globale” constructie-analyse (analyse van de gehele constructie) in geval van brand en in het algemeen niet worden gebruikt voor de analyse van elementen, zal deze methode in dat artikel niet verder worden besproken.



Afb. 3: Stroomdiagram met ontwerpmethode voor brandwerendheid, getabelleerde gegevens, en vereenvoudigde berekeningsmethode

In praktisch ontwerp worden meestal getabelleerde gegevens of vereenvoudigde berekeningsmethoden gebruikt voor het verifiëren van structurele betonelementen, zie **afb. 3**. In het algemeen zijn getabelleerde gegevens de eerste stap, omdat dit als een eenvoudige benadering kan worden beoordeeld. Het gebruik van getabelleerde gegevens betekent rekening houden met de noodzakelijke randvoorwaarde als type element (kolom, balkplaat), opwarmcurve bij brand (ISO 834), geometrische afmeting (bewapeningsafstand, betondekking tot de aan vuur blootgestelde zijde) en beperkingen van het ontwerp, aangezien elementanalyse conform Eurocode effecten als onverenigbare thermische uitzettingen negeert, die hoge thermische spanningen kunnen veroorzaken.

Er moet echter worden opgemerkt dat gegevens in tabellen en een vereenvoudigde ontwerpmethode niet onbeperkt mogen worden ingezet voor achteraf aangebrachte bewapeningssystemen, aangezien goede kennis van het hechtgedrag van de achteraf aangebrachte bewapening in relatie tot ingegoten bewapening die aan brand wordt blootgesteld, moet worden begrepen en beoordeeld.

Dit zal worden gedaan in de volgende hoofdstukken voor op hars gebaseerde organische achteraf aangebrachte bewapenings systemen en cementachtige anorganische systemen (Hilti HIT-FP 700-R injectiemortel). Eerst zullen wij enkele technische kenmerken van Hilti HIT-FP 700-R en het installatieproces geven.

EEN NIEUW HOOFDSTUK IN BRANDONTWERP

Hilti HIT-FP 700-R injectiemortel op cementbasis

De eerste injecteerbare cementmortel



Afb. 4: Hilti HIT-FP 700-R
injectiesysteem - folieverpakking

Hilti HIT-FP 700-R (**Afb. 4**) is een injecteerbare anorganische mortel op cementbasis, die de hoogste brandweerstandseigenschappen biedt voor achteraf aangebrachte bewapeningsverbindingen, die superieur is aan andere beschikbare, momenteel op de markt zijnde achteraf aangebrachte injectiesystemen. Vanwege de cementachtige, anorganische eigenschappen vertoont de mortel een stabiele verplaatsing en stabiele prestaties bij hoge temperaturen die vergelijkbaar zijn met het gedrag van beton bij blootstelling aan brand.

De injectie van Hilti HIT-FP 700-R in het geboorde gat gebeurt met behulp van een kabelloze accu-mortelspuit. In de meeste gevallen worden echter cementachtige verankeringsmortels in het algemeen in bulk geleverd en ter plaatse gemengd met een bepaalde hoeveelheid water. Dit beperkt meestal het gebruik tot specifieke installatierichtingen die verticaal naar beneden toe zijn, bovendien gaat de installatie gepaard met onzekerheden met betrekking tot de juiste menging van de componenten op de bouwplaats, wat van vitaal belang is voor de prestatie tijdens gebruik. Bijgevolg zijn deze producten momenteel niet gekwalificeerd door een EAD en kunnen deze niet worden gebruikt in combinatie met EN 1992-1-2 [1] of EN 1992-1-1 [2].

Hilti HIT-FP 700-R daarentegen wordt gekenmerkt door de veilige, flexibele en gebruiksvriendelijke toepassingseigenschappen. Het automatisch gebruik van vooraf gedefinieerde mengverhoudingen tijdens het injecteren, voorkomt het risico van foutieve of inconsistente mengverhoudingen en pakt beperkingen voor de installatierichting aan. Bovendien wordt de Hilti HIT-FP 700-R aangeboden met de SAFEset-technologie, waarbij het stof automatisch wordt afgezogen tijdens het boorproces en het boorgat bovendien wordt gereinigd in overeenstemming met ETA die onze "uitgevoerd zoals ontworpen-strategie" ondersteunt.

Veranderende gewoontes voor een veilig brandontwerp

Zoals veel producten op cementbasis en beton, vertoont Hilti-HIT-FP 700-R een aanzienlijk langere uithardingstijd (dagen) gerelateerd aan de uithardingstijd van standaard achteraf aangebrachte bewapeningssystemen (op hars gebaseerde organische systemen; minuten), zie **afb. 5**. De langere uithardingstijd moet worden overwogen met betrekking tot het bouwproces ter plaatse en daarom kan het nuttig zijn om aanvullende opmerkingen in de technische tekening voor de aannemer op te nemen. Bovendien kunnen kleine scheuren en holtes worden waargenomen bij mortelmateriaal dat uit de bovenkant van het boorgat wordt verdreven.

De aanwezigheid van kleine scheurtjes en holtes is niet kritiek. Dit wordt meegewogen in de eindbeoordeling van ETA en houdt rekening met krimpgedrag. Om de workflow te ondersteunen en de wachttijd te verminderen, zijn er twee extra uithardingstijden ingesteld, tussen het zetten en de volledige uitharding. Dit maakt een gedeeltelijke belasting van de achteraf aangebrachte bewapening mogelijk voordat de combinatie voor de volledige ontwerpbelasting kan worden toegepast, vergelijkbaar met betonelementen waarbij de bekisting wordt verwijderd voordat volledige uitharding is bereikt.

De verschillende uithardingstijden kunnen als volgt worden gedefinieerd en zijn te vinden in de betreffende ETA, zie **afb. 5**:

		Rebar			
$\varnothing$ [°C]	$\varnothing$ [°F]	t_{work}	$t_{assembly}$	$t_{pre-loading}$	t_{cure}
$\geq 5 \dots 10$	$\geq 41 \dots 50$	50 min	36 h	14 days	50 days
$> 10 \dots 15$	$> 50 \dots 59$	40 min	30 h	7 days	28 days
$> 15 \dots 20$	$> 59 \dots 68$	35 min	24 h	6 days	18 days
$> 20 \dots 30$	$> 68 \dots 85$	20 min	12 h	5 days	10 days
$> 30 \dots 40$	$> 85 \dots 104$	15 min	6 h	3 days	7 days
40	104	12 min	3 h	2 days	4 days

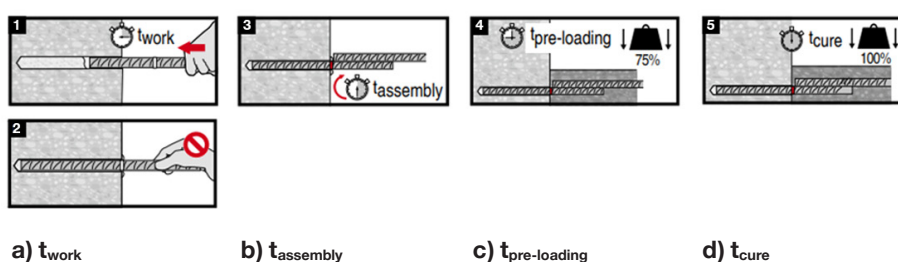
Afb. 5: Werktijd t_{work} , montagetijd $t_{assembly}$, voor-belastingtijd $t_{pre-loading}$ en tot slot uithardings-/verhardingstijd t_{cure} van Hilti HIT-FP 700-R als functie van de temperatuur van het basismateriaal

t_{work} beschrijft de werktijd; de periode waarin de gebruiker de bewapening kan invoegen. De werktijd varieert van maximaal 50 minuten bij 5 °C tot minimaal 12 minuten bij 40 °C.

De lange werktijd staat eenvoudig zetten toe voor diepe inbedding. Zodra de bewapening is ingevoegd, mag deze niet worden verplaatst zie **afb. 6a**. Na de minimale wachttijd $t_{assembly}$ is het mogelijk om nieuwe bewapening aan de geïnstalleerde/geplaatste staven te binden, zie **afb. 6b**.

Na de wachttijd van $t_{pre-loading}$ kan 75% van de uiteindelijke weerstand als belasting worden toegepast op de achteraf aangebrachte bewapeningsverbinding. De verantwoordelijke ingenieur moet beslissen of dit van toepassing is of niet, zie **afb. 6c**. Als de uithardingstijd t_{cure} voorbij is, kan de volledige ontwerpbelasting worden toegepast op de achteraf aangebrachte bewapeningsverbinding, zie **afb. 6d**.

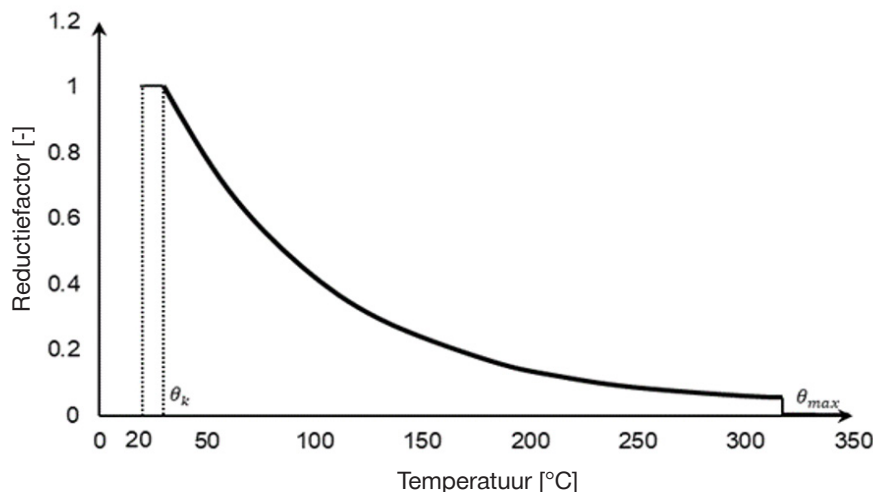
De nieuwe Hilti morteltechnologie Hilti HIT-FP 700-R opent een nieuw hoofdstuk in de kwalificatie van injecteerbare chemische mortels waarvoor een update van de huidige EAD 330087-01-0601 [3] nodig was vanwege de cementachtige, anorganische basis.



Afb. 6: Uittreksel van het installatieproces (onvolledig), met stap 1 tot stap 5 van Hilti HIT-FP 700-R

EEN NIEUW HOOFDSTUK IN BRANDONTWERP

Geverifieerd superieur brandgedrag voor uw achteraf aangebrachte bewapeningsverbinding met gebruik van Hilti HIT-FP 700-R



Afb.7 Voorbeeld: Reductiefactor $k_{fi}(\theta)$ voor betonsterkteklasse C20/25 als functie van de temperatuur voor een brandgevoelig, op hars gebaseerd organisch achteraf aangebracht bewapeningssysteem

De kwalificatie van achteraf aangebrachte bewapeningssystemen onder brandomstandigheden wordt behandeld door het Europese beoordelingsdocument EAD 330087-00-0601 [3], uitgegeven door EOTA en maakt een ontwerp conform EN 1992-1-2 mogelijk. [1]. De beoordeling richt zich op het hechtsterktegedrag van de mortel in relatie tot de toegepaste temperatuur. Het resultaat van de beoordeling weergegeven in de Europese technische beoordeling wordt gegeven in termen van temperatuurreductiefactor $k_{fi}(\theta)$ en wordt gebruikt om de resterende hechtsterkte van het ontwerp bij brand te berekenen $f_{bd,fi}$, zie

Afb.7.

$$f_{bd,PIR,fi}(\theta) = f_{bd,PIR} \cdot \frac{\gamma_c}{\gamma_{M,fi}} \cdot k_{fi}(\theta)$$

waarbij:

- $f_{bd,PIR,fi}(\theta)$ = Ontwerpwaarde van de hechtsterkte bij brand in N/mm², voor een gegeven temperatuur (θ) in de mortellaag
- $f_{bd,PIR}$ = Ontwerpwaarde van de hechtsterkte in koude toestand in N/mm² zoals gegeven in het gerelateerde ETA-document met inachtneming van de betonklassen
- γ_c = Gedeeltelijke veiligheidsfactor conform EN 1992-1-1 [2]
- $\gamma_{M,fi}$ = Gedeeltelijke veiligheidsfactor conform EN 1992-1-1 [1]
- $k_{fi}(\theta)$ = Reductiefactor van de hechtsterkte bij brand bij een gegeven temperatuur (θ) in de mortellaag

De reductiefactor $k_{fi}(\theta)$ voor de hechtsterkte van een mortelinjectiesysteem wordt afgeleid door testen onder gesimuleerde brandomstandigheden. Op de bewapening wordt een constante belasting toegepast in een beperkte opstelling, terwijl de temperatuur wordt verhoogd totdat fataal uittrekken van het geteste monster optreedt, zie **afb. 8**.

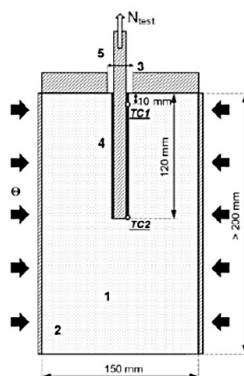
De toegepaste belasting als functie van de temperatuur wordt vervolgens vertaald in de reductiefactor $k_{rt}(\theta)$ door de verhouding van de hechtsterktewaarden tot de referentiewaarde voor ingegoten bewapening voor de betreffende betonklasse te berekenen.

De vermindering van de karakteristieke sterkte voor verschillende beschikbare injectiesystemen op de markt als functie van de temperatuur wordt gegeven in **afb. 9** op basis van de gepubliceerde ETA-documenten.

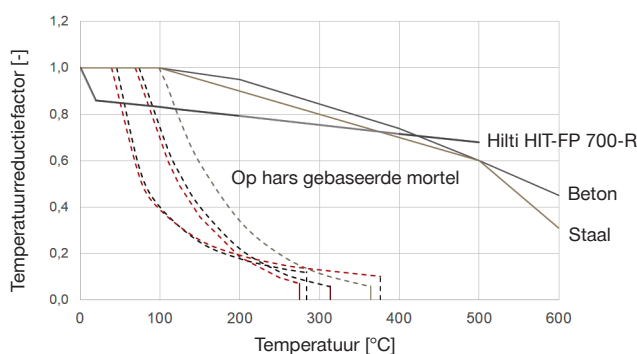
In de volgende bespreking verwijst de vermindering van de hechtsterkte bij verhoogde temperatuur in de mortellaag als gevolg van brand ("Brandontwerp") naar de hechtsterkte van achteraf aangebrachte bewapening bij kamertemperatuur ("Koud ontwerp") en volledig uitgehard voordat de betontemperatuur wordt verhoogd, zoals aangegeven in de testopstelling beschreven in **afb. 8**.

De hechtsterkte van alle achteraf aangebrachte bewapeningssystemen of, om preciezer te zijn, de reductiefactor neemt af bij toenemende betontemperatuur, zie **afb. 8**. De relatie tussen betontemperatuur en resterende hechtsterkte is sterk afhankelijk van de mortel. De hechtsterkte van alle op hars gebaseerde organische systemen (stippellijnen) met een temperatuur van 200 °C is slechts ongeveer 20% tot 40% van de waarde die is vastgelegd in tests bij 20 °C. Bij 400 °C kan geen van de op hars gebaseerde organische mortels enige resterende hechtsterkte bieden. Terwijl de hechtsterkte van alle organische systemen (stippellijnen) drastisch vermindert bij toenemende temperatuur in geval van brand, biedt Hilti HIT-FP 700-R (ononderbroken lijn) anorganische mortel op cementbasis een hechtsterkte bij 200 °C van ongeveer 80% van de restcapaciteit, bij 500 °C is de resterende hechtsterkte nog steeds >60% vergeleken met de hechtsterkte bij kamertemperatuur. Dit brandgedrag biedt verschillende ontwerpvoorstellen bij brand in vergelijking met organische systemen op basis van hars.

Zelfs als het voordeel van organische mortels ten opzichte van anorganische mortels kan worden gedefinieerd als "snellere uithardingstijd en betere prestaties" bij kamertemperatuur, verdwijnt dit voordeel bij brand volledig.



Afb. 8: Gesimuleerde brandconditietest van geïnstalleerde achteraf aangebrachte bewapening met zijdelingse thermische belasting en aanhoudend belaste bewapening



Afb. 9: Vermindering van de karakteristieke hechtsterkte voor verschillende beschikbare injectiesystemen op de markt als functie van de temperatuur zoals vermeld in de gerelateerde ETA-documenten

Geverifieerd langetermijngedrag met Hilti HIT-FP 700-R

Met de nieuwe Hilti-technologie waardoor volledig cementachtige injecteerbare mortels kunnen worden gebruikt voor achteraf aangebrachte bewapeningsverbindingen voor frequent gebruik, werden verschillende prestatieaspecten onderzocht en maken deze deel uit van het beoordelingsproces conform de nieuwe versie EAD 330087-02 (in voorbereiding, 2022). Deze aspecten hangen met name samen met de classificatie van het systeem, de porositeitsgraad, langetermijneffecten en de neiging tot krimpgedrag.

Classificatie: De nieuwe versie van het EAD-document die momenteel in voorbereiding is, stelt een methode vast om de mortelsoorten te scheiden op basis van hars en op cementbasis. Dit onderscheid was niet duidelijk beschreven in de vorige versies, ondanks de aanwezigheid van enkele vereisten voor producten op cementbasis. De methode bestaat uit een samenstellingsanalyse op basis van het massaverlies over temperatuur voor het beoordeelde product.

Krimp & stabiliteit op lange termijn: Er zijn twee nieuwe testprotocollen van toepassing op producten die zijn geclassificeerd als mortels op cementbasis. Het eerste te beoordelen aspect is de gevoeligheid van het achteraf aangebrachte bewapeningssysteem voor installaties in beton met een lage relatieve vochtigheid. Deze test heeft tot doel de invloed van een droog buiten- en binnenklimaat te beoordelen en de krimpeffecten te maximaliseren als gevolg van potentiële wateraanzuiging van het omringende beton, dat de cementshydratatie beïnvloedt door de water-cementverhouding van de mortel en bijgevolg de hechtsterkte te veranderen.

Het tweede aspect dat moet worden beoordeeld, is de stabiliteit op lange termijn van de microstructuur van de mortel. Dit prestatiekenmerk wordt geverifieerd in een versnelde opstelling met ernstige blootstelling aan hoge temperaturen en vochtigheid, namelijk de zogenaamde weersomstandigheden. Deze controle is vereist om de gevoeligheid van het cementachtige product voor porositeitsvariaties, faseconversies en scheidingsdruk te evalueren.

Opgemerkt moet worden dat deze effecten al worden weerspiegeld in de definitieve hechtsterktewaarden die zijn gepubliceerd in het gerelateerde ETA-document. De nieuwe vereisten van EAD zorgen ervoor dat de gepubliceerde prestatiekenmerken in de ETA, met name de hechtsterktewaarden, dezelfde betrouwbaarheid behouden als de vereiste beoordelingsgegevens voor op hars gebaseerde mortels.

Ook moet worden opgemerkt dat de Hilti HIT-FP 700-R het volledige testprogramma heeft doorstaan door middel van geverifieerde prestaties. Vanwege zijn unieke temperatuurgedrag biedt Hilti HIT-FP 700-R verschillende voordelen bij het ontwerpen van achteraf aangebrachte bewapeningsverbindingen door rekening te houden met de getabelleerde gegevens en vereenvoudigde ontwerpmethoden conform Eurocode EN 1992-1-2 [1]. Dit wordt in het volgende hoofdstuk besproken.

EEN NIEUW HOOFDSTUK IN BRANDONTWERP

Alleen Hilti HIT-FP 700-R voldoet aan de getabelleerde gegevens van EN 1992-1-2 [1]

Standaard brandwe- rendheid [min]	Dimensie as afstanden	Minimale afmeting [mm]				
		Mogelijke combinaties van a (gemiddelde asafstand) en b _{min} (balkbreedte)				Vlies dikte
R 30	b _{min}	80	120	160	200	80
	a	25	15	10	20	
R 60	b _{min}	120	160	200	300	100
	a	40	35	30	25	
R 90	b _{min}	150	200	250	400	100
	...	...	...	...	...	

Afb. 10: Gewijzigd uittreksel van getabelleerde gegevens uit Eurocode EN 1992-1-2 [1] als voorbeeld

De Eurocode EN 1992-1-2, Sectie 5 [1] branddelen bieden ontwerp oplossingen in termen van getabelleerde gegevens die moeten worden gebruikt binnen de gespecificeerde limieten van de toepassingsomstandigheden. De methode is toepasbaar voor de verificatie van afzonderlijke elementen voor een standaard blootstelling aan brand conform ISO 834 tot 240 minuten, vervaardigd met normaal gewicht beton gemaakt met kiezelhoudende aggregaten met behulp van ingegoten bewapening. Indirecte brandacties worden niet in aanmerking genomen, behalve die welke het gevolg zijn van thermische gradiënten. Afhankelijk van de vereiste brandwerendheidsduur en, indien nodig, het gebruik van het onderdeel, worden minimumwaarden van de onderdeelafmetingen en hartafstanden van de bewapening gegeven afhankelijk van het type onderdeel, zie **afb. 10** als voorbeeld (balk).

In de tabellen wordt de minimale betondekking uitgedrukt als de afstand "a" van de as van de ingebetonnerde hoofdbewapening tot het dichtstbijzijnde betonoppervlak. De vermelde asafstanden zijn nominale waarden. Er hoeft geen rekening te worden gehouden met tolerantie. In deel 1-1 van Eurocode 2 [2], geldig voor ontwerp met normale temperatuur, wordt de betondekking "c" gedefinieerd als de afstand van de rand van een bewapeningsstaaf tot het dichtstbijzijnde betonoppervlak. Daarom kan voor een langsbewapening (hoofdbewapening) met een diameter van Ø de relatie tussen "a" en "c" doorgaans worden geschreven als $a = c + \frac{\sigma_{s,fi}}{f_{yk}} + \frac{\sigma_{s,fi}}{f_{yk}}$.

Met behulp van getabelleerde gegevens zijn geen verdere controles vereist met betrekking tot afschuif- en torsiecapaciteit en afsplinteren, maar er worden wel aanvullende detailleringsregels gespecificeerd voor elk type structureel element. Het voordeel van de getabelleerde waarden is dat een ontwerper snel kan verifiëren of de afmetingen die volgen uit een normaal temperatuurontwerp (koud ontwerp), acceptabel zijn onder brandomstandigheden. **Voor de meest voorkomende structurele componenten in de bouw, vertegenwoordigen de tabelwaarden conservatieve aannames voor ingegoten bewapening, maar NIET noodzakelijkerwijs voor beton-naar-beton verbindingen die worden uitgevoerd via achteraf aangebrachte bewapening. Dit komt omdat de minimale asafstand van bewapening zoals gegeven in de getabelleerde gegevens in trekzones van eenvoudig ondersteunde liggers en platen, worden berekend op basis van een kritische staaltemperatuur van $\theta_{krit} = 500 \text{ °C}$. De kritische temperatuur is de temperatuur waarbij het staal meegeeft onder de staalspanning $\sigma_{s,fi}$ die optreedt in de brandsituatie die is berekend**

voor de acties $E_{d,fi}$ ($\eta_{fi} = E_{d,fi} / E_d = 0,7$ voor getabelleerde gegevens). **Bijgevolg kan deze eenvoudige benadering alleen worden gebruikt voor achteraf aangebrachte bewapeningssystemen als de resterende hechtingscapaciteit bij blootstelling aan brand bij 500 °C, gerelateerd aan de reststerkte van beton, bekend en vergelijkbaar is.**

De vermindering van de karakteristieke sterkte van bewapenings- en voorspanstaal als functie van de temperatuur θ voor gebruik met de getabelleerde waarden is conform Eurocode EN 1992-1-2, Sectie 5 [1]. Deze curven in combinatie met getabelleerde gegevens verwijzen naar curven voor bewapeningsstaal (warmgewalst of koud bewerkt: EN 10080 [7]), de waarden voor beton van normaal gewicht (2000 tot 2600 kg/m³, zie EN 206-1 [8]) gemaakt met kiezelhoudende aggregaten. Bij 500 °C bieden zowel beton als staal een resterende karakteristieke sterkte van $\sim 0,7$ vergeleken met de sterkte bij kamertemperatuur.

Dit is de logica bij het gebruik van getabelleerde gegevens. In tegenstelling tot wat te zien is in **afb. 9** bieden alle organische injectiesystemen op harsbasis een restcapaciteit van nul bij een morteltemperatuur van 500 °C. Daardoor kan de filosofie van de getabelleerde gegevens niet zonder beperkingen worden gebruikt voor de getoonde organische injectiesystemen op harsbasis. Na de bindingsvermindering voor het anorganische Hilti HIT-FP 700-R injectiesysteem zoals gegeven in **afb. 9** is de restcapaciteit vergelijkbaar met beton en staal.

Alleen Hilti HIT-FP 700-R biedt de ontwerper het voordeel om de getabelleerde waarden zonder beperkingen te gebruiken, waar hij snel kan verifiëren of de afmetingen die volgen uit een normaal temperatuurontwerp (koud ontwerp), acceptabel zijn onder brandomstandigheden.

EEN NIEUW HOOFDSTUK IN BRANDONTWERP

Alleen Hilti HIT-FP 700-R voldoet volledig aan de vereenvoudigde berekeningsmethode van EN 1992-1-2 [1]

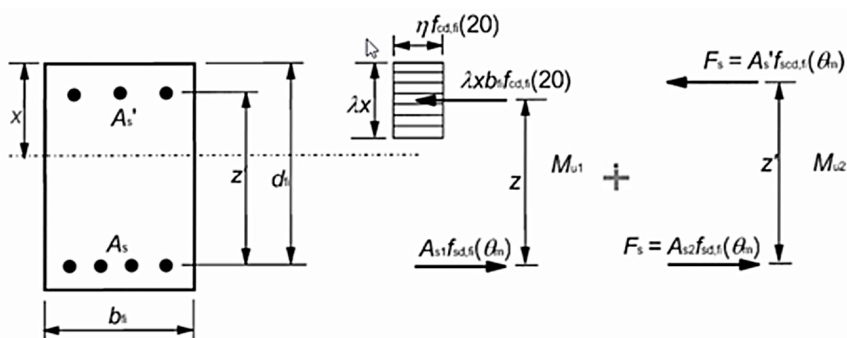
Vereenvoudigde berekeningsmethoden worden gebruikt voor het bepalen van het uiteindelijke draagvermogen van een verwarmde doorsnede bij de relevante combinatie van acties voor betonelementen uitgevoerd met ingegoten bewapening. In de brandsituatie moet worden geverifieerd dat het ontwerpeffect van acties $E_{fi,d,t}$ in de brandsituatie op tijdstip t kleiner is dan of gelijk is aan de corresponderende ontwerpweerstand $R_{d,t,fi}$ van het element op tijdstip t . De benodigde temperatuurprofielen in de betondoorsneden die aan een brandnorm worden blootgesteld, kunnen worden berekend met behulp van software en thermische eigenschappen van het beton. In EN 1992-1-2 [1] en de bijbehorende bijlagen worden drie vereenvoudigde berekeningsmethoden beschreven. Merk hierbij op dat de 500 °C-isothermmethode niet is goedgekeurd voor gebruik in Duitsland conform de nationale bijlage:

- (a) De '500°C-isothermmethode' is toepasbaar voor standaard blootstelling aan brand en alle andere hitteregimes die vergelijkbare temperatuurvelden veroorzaken in het aan brand blootgestelde element. Aangenomen wordt dat beton met een temperatuur > 500 °C niet bijdraagt aan het draagvermogen terwijl de resterende betondoorsnede de initiële sterkte en Young's modulus behoudt. Als resultaat wordt een nieuwe vorm van de doorsnede van het element gecreëerd binnen de 500 °C-isotherm die de beperkende lijn is, terwijl de betoneigenschappen binnen de nieuwe doorsnede hetzelfde zijn als voor normale temperatuur. Tegelijkertijd wordt de sterkte van de ingegoten bewapening verminderd als functie van de temperatuur.

Na het bepalen van de verminderde afmetingen van de doorsnede en het verminderde niveau van vloeispanning voor de ingegoten bewapening, wordt het draagvermogen in een brandsituatie voor element R_{fi} op tijdstip t berekend op basis van de algemeen aanvaarde methoden voor analyse van gewapend betonelementen onder normale temperaturomstandigheden, zie **afb. 11**. Zoals besproken, wordt de **vermindering van de vloeispanning van bewapeningsstaal voor ingegoten bewapening uitgevoerd als de functie van het temperatuurniveau in het midden van elke staaf, ondanks de locatie ten opzichte van de isotherm van 500 °C. Maar zelfs als sommige van de ingegoten bewapeningsstaven buiten de verkleinde doorsnede vallen, kunnen deze worden meegenomen in de berekening van het uiteindelijke draagvermogen van de aan vuur blootgestelde doorsnede. Dit komt omdat er bij ingegoten bewapening pas bij 500 °C wordt uitgegaan van een aanzienlijk verlies aan hechting**. Zoals aangegeven in **afb. 10** kan deze benadering niet worden toegepast op de op hars gebaseerde organische systemen, aangezien hechtingsverlies al in een vroeger temperatuurstadium plaatsvindt. Daarom zouden wij de zin van de '500 °C-isothermmethode' geldig voor ingegoten bewapening als volgt moeten herschrijven voor op hars gebaseerde organische achteraf aangebrachte bewapeningssystemen:

“De betoneigenschappen binnen de nieuwe doorsnede zijn hetzelfde als bij normale temperatuur. Vermindering van vloeispanning en hechtsterkte van achteraf aangebrachte bewapening wordt uitgevoerd als de functie van temperatuurniveau in het midden van elke achteraf aangebrachte staaf. Bovendien, als de temperatuur van de achteraf aangebrachte bewapening hoger is dan de waarde waarbij de temperatuurreductiefactor van het achteraf aangebrachte bewapeningssysteem $k_{fi}(\theta) = 0,7$ bedraagt, kan de doorsnede van de achteraf aangebrachte bewapening niet worden meegenomen bij de berekening van het draagvermogen. Volgens **afb. 10** varieert het temperatuurniveau waarbij het draagvermogen van het achteraf aangebrachte bewapeningssysteem van organische systemen op harsbasis moet worden verwaarloosd, van 75 °C tot 150 °C voor de geplote systemen.”

In tegenstelling tot de op cement gebaseerde anorganische systemen, doet Hilti HIT-FP 700-P wat het moet doen, dus ontwerpers hoeven geen rekening te houden met de bovenstaande paragraaf en kunnen de relatief eenvoudige methode volgen, indien toegestaan door uw bouwautoriteiten.



Afb. 11: Berekening van het draagvermogen van een doorsnede met trekkracht en drukkwapening volgens [1]

- (b) De Zone-methode geeft nauwkeurigere resultaten in vergelijking tot de vorige. Bij deze methode wordt de doorsnede verdeeld in verschillende evenwijdige zones ($n > 3$) van gelijke dikte waar de gemiddelde temperatuur, de overeenkomstige gemiddelde druksterkte en elasticiteitsmodulus van elke zone worden beoordeeld. De door brand beschadigde doorsnede wordt weergegeven door een verkleinde doorsnede, waarbij een beschadigde zone met een dikte a_z aan de aan brand

blootgestelde zijden wordt genegeerd, gevonden via vergelijking of diagrammen zoals gegeven in EN 1992-1-2 [1]. Wanneer de gereduceerde doorsnede is gevonden en de sterkte en E-modulus van elasticiteit zijn bepaald voor de situatie bij brand, volgt het brandontwerp de normale procedure voor temperatuurontwerp, zie **afb. 10**.

De sterkten van beton en ingegoten bewapening worden berekend als functie van de temperatuur met behulp van reductiefactoren $k_c(\theta_M)$ (de temperatuur in het midden van de resterende zone is van toepassing) of $k_s(\theta)$. Voor die methode is bovendien een directe één-op-één benadering voor achteraf aangebrachte bewapening in het geval van organische mortels op harsbasis, zoals weergegeven in **afb. 6**, NIET mogelijk omdat de resterende hechtsterkte van het achteraf aangebrachte bewapeningssysteem naast de betonsterkte en staalsterkte ook als functie van de temperatuur moet worden berekend. Daarnaast moet de max. temperatuur in de mortellaag worden beperkt tussen 150 en 350 °C - afhankelijk van het product en de oriëntatie van de bewapening op het vuur - omdat de organische systemen op harsbasis geen resterend hechtvermogen hebben.

In tegenstelling tot organische systemen op harsbasis, doet Hilti HIT-FP 700-P wat het moet doen, daarom is het niet nodig om de zonemethoden aan te passen tot een staaltemperatuur van 500 °C.

Opmerking: In Duitsland kan deze methode worden gebruikt voor staven die worden onderworpen aan buiging met of zonder normaalkracht. De beschrijving van de zonemethode in EN 1992-1-2 [1] is onvolledig, vooral voor betonnen kolommen. Daarom is het gebruik van de zonemethode in Duitsland alleen toegestaan door bouwtoezicht als rekening wordt gehouden met de opmerkingen en interpretaties van Zilch et al. [9] of Cylllok en Achenbach [10].

- (c) De methode gebaseerd op schatting van kromming behandelt kolommen waar tweede-orde-effecten bij brand significant zijn, waarbij een gewapend betonnen dwarsdoorsnede wordt beoordeeld die is blootgesteld aan buigend moment en axiale belasting. Deze methode is gebaseerd op de schatting van de kromming (EN 1992-1-1, Sec-5 [2]). Deze methode zal hier niet verder worden besproken in samenhang met dit artikel, omdat deze kan worden beoordeeld als een vereenvoudigde algemene berekeningsmethode, die echter navenant veel inspanning vereist om te implementeren. Bij gebruik van deze methode moet rekening worden gehouden met thermische spanningen (zelfs als deze niet expliciet worden genoemd in EN 1992-1-2 [1]).
-

KRACHT VAN HILTI TEAM VOOR UW VOLGENDE BOUWPROJECT

Hilti injectiesystemen voor achteraf aangebrachte bewapeningsverbinding en Hilti ontwerpsoftware

Het belang van brandwerendheid hangt af van de grootte van het gebouw, de bezetting van het gebouw wat betreft het aantal personen, het type werkzaamheden en de brandveiligheidsdoelstellingen. Om veiligheid voor het leven te bieden, is brandwerendheid essentieel in gebouwen waar een brand groot kan worden voordat alle bewoners tijd hebben om het gebouw te verlaten. Het moet worden opgemerkt dat zelfs als de algemene context en algemene noties van brandveiligheid overal in Europa hetzelfde zijn, de eisen niet uniform zijn. Maar in het algemeen moeten alle brandrelevante constructies/dragende muren, kolommen en platen die kunnen worden uitgevoerd met achteraf aangebrachte bewapening (zie **afb. 12**) gedurende een bepaalde tijd aan de structurele integriteit voldoen.

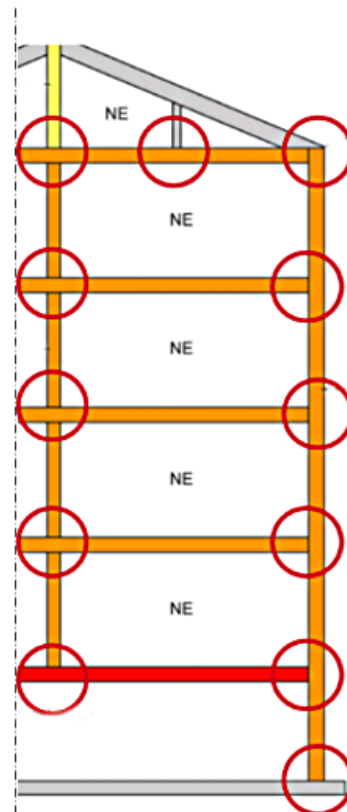
Niet alle achteraf aangebrachte bewapeningverbindingen zijn echter temperatuurkritiek bij brandomstandigheden. Daarom kan de toepassing soms ook economischer worden uitgevoerd met mortel op harsbasis in plaats van met mortel op cementbasis. Om de mate van invloed op de temperatuurverdeling op achteraf aangebrachte bewapeningsverbindingen te bepalen, kan een onderscheid worden gemaakt tussen drie verschillende verbindingstypes. Daarbij zijn de significante parameters de oriëntatie van de achteraf aangebrachte bewapening op het aan brand blootgestelde oppervlak en het aantal aan brand blootgestelde oppervlakken, zie **afb. 13**.

In het geval van het eerste verbindingstype wordt de hechtsterkte door de brand met dezelfde impact over de gehele lengte van de bewapening beïnvloed als gevolg van een constante temperatuurverdeling, omdat de afstand van de structurele achteraf aangebrachte bewapening tot het ene aan brand blootgestelde oppervlak constant is. Bijgevolg is er voor een dergelijke verbinding geen mogelijkheid om de aangebrachte belasting naar koudere gedeeltes over te brengen. De reductiefactor moet over de gehele inbeddingsdiepte/overlappingslaslengte worden toegepast. Dergelijke omstandigheden komen over het algemeen voor wanneer achteraf aangebrachte bewapening wordt gebruikt voor het verlengen van platen of muren met overlappingslassen.

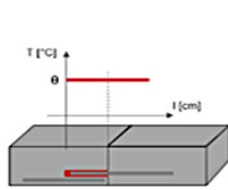
In het geval van het tweede verbindingstype wordt de hechtsterkte NIET noodzakelijkerwijs beïnvloed over de gehele verankeringslengte, waardoor een NIET-constante temperatuurverdeling ontstaat, aangezien de afstand van de structurele achteraf aangebrachte bewapeningsstaven tot het aan brand blootgestelde oppervlak NIET constant is. De belasting wordt mogelijk overgebracht naar een kouder gedeelte binnen de verbinding, waarbij hogere hechtsterktewaarden aanwezig zijn. Dergelijke omstandigheden zijn in het algemeen aanwezig in het geval van eindverankeringen van plaat-naar-muurverbinding. Voor dergelijke toepassingen kunnen ook op hars gebaseerde mortels een acceptabele brandwerende oplossing bieden.

Als wij deze toepassing in gedachten houden, maar de plaat-naar-muur-verbinding omzetten in een balk-naar-kolom-verbinding, eindigen wij met het verbindingstype 3 in **afb. 13**.

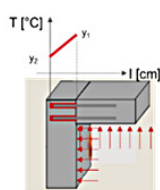
In dat geval is de achteraf aangebrachte bewapening ook niet evenwijdig aan het brandoppervlak georiënteerd. Maar vanwege het aantal aan brand blootgestelde oppervlakken kan de temperatuur in de mortellaag al voor korte brandweerstandstijden als relatief hoog worden beoordeeld. Dit is te zien in **afb. 13** waar de berekende overlappingslaslengte, verankeringslengte worden gegeven voor een systeem op harsbasis (Hilti Hit RE 500 V4) en een op cement gebaseerd systeem (Hilti HIT-FP 700-R) voor een brandduur van R30.



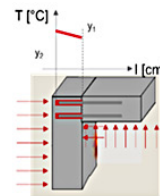
Afb. 12: Mogelijke posities van achteraf aangebrachte bewapeningsverbindingen



PLAAT NAAR PLAAT
aan vuur blootgesteld oppervlak vanaf de onderkant¹⁾



PLAAT NAAR MUUR
aan vuur blootgesteld oppervlak vanaf de onderkant en een kant¹⁾



BALK NAAR KOLOM
aan vuur blootgesteld vanaf de onderkant en 4 kanten²⁾

R30

Koud: $f_{bd,pi} = 2,3 \text{ N/mm}^2$, $l_{0,pi} = 1135 \text{ mm}$

Op hars gebaseerde mortel: Heet:
 $f_{bd,pi,R30} = 0,85 \text{ N/mm}^2$, $l_{0,pi,R30} = 2150 \text{ mm}$

Hilti HIT-FP 700-R, heet:
 $f_{bd,pi,R30} = 2,83 \text{ N/mm}^2$, $l_{0,pi,R30} = 650 \text{ mm}$

Koud: $f_{bd,pi} = 2,3 \text{ N/mm}^2$, $l_{0,pi} = 567 \text{ mm}$

Op hars gebaseerde mortel: Heet:
 $l_{0,pi,R30} = 290 \text{ mm}$

Hilti HIT-FP 700-R, heet:
 $l_{0,pi,R30} = 320 \text{ mm}$

Koud: $f_{bd,pi} = 2,3 \text{ N/mm}^2$, $l_{0,pi} = 567 \text{ mm}$

Op hars gebaseerde mortel: Heet:
 $l_{0,pi,R30} = 1380 \text{ mm}$

Hilti HIT-FP 700-R, heet:
 $l_{0,pi,R30} = 330 \text{ mm}$

¹⁾ Toepassingscondities: C20/25; Ø 12/200 mm, c = 40 mm, $\alpha_c = 1$, $\alpha_e = 2$, $\sigma_{sd} = 435 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_{sd,fi} = 0,7 \cdot 435 \text{ N/mm}^2 = 305 \text{ N/mm}^2$

²⁾ Toepassingscondities: C20/25; Ø 12/100 mm, c = 40 mm, $\alpha_c = 1$, $\alpha_e = 2$, $\sigma_{sd} = 435 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_{sd,fi} = 0,7 \cdot 435 \text{ N/mm}^2 = 305 \text{ N/mm}^2$

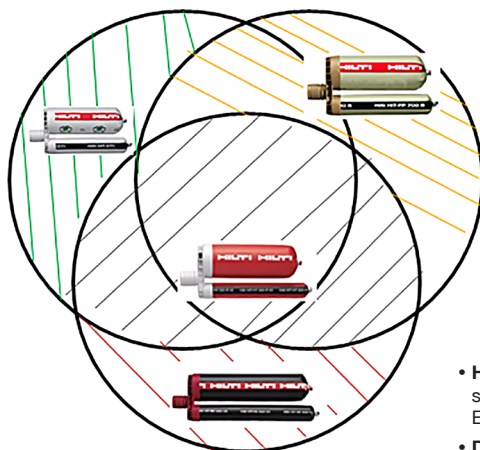
Afb. 13: Temperatuurkritieke en minder temperatuurkritieke achteraf aangebrachte bewapeningsverbindingen en de bijbehorende overlappingslas- en verankeringslengte voor twee verschillende injectiesystemen

Onder koude omstandigheden zijn alle hechtsterktewaarden hetzelfde als vermeld in de ETA van het product voor betonsterkteklasse C20/25. In het beste geval komt de bovengrens overeen met de hechtsterkte van een ingegoten bewapening onder dezelfde randvoorwaarde. Bij brand zien wij al een significant verschil tussen een harsmortel en de cementmortel Hilti HIT-FP 700-R bij een brandbestendigheidstijd van R30. In het geval van verbindingstype 1 en 3 is Hilti HIT-FP 700-R de juiste oplossing, terwijl toepassingstype 2 ook kan worden uitgevoerd met HIT-RE 500-V4.

Brand is echter niet de enige ontwerpvoorwaarde waaraan mogelijk moet worden voldaan. Daarom levert Hilti een team van injectiesystemen voor achteraf aangebrachte bewapeningsverbindingen, aangezien de "zeug die eieren legt, melk geeft en wol levert", voor mortel een synoniem voor "mortel die alles kan", nog niet bestaat, zie **afb. 12**. De eenvoudigste manier om het juiste systeem te selecteren, is alle toepassingsomstandigheden in de Hilti PROFIS-software invoeren en het ontwerp implementeren. Met de Hilti PROFIS-software kunt u alle mogelijke toepassingstypen ontwerpen en oplossen die worden genoemd in EAD330087 [3] onder "koud" en "warm" ontwerp en alle mogelijke toepassingen genoemd in de voorwaarden en EAD 332402-01-0601 [11] (alleen koud ontwerp). Dit helpt ingenieurs om snel de beste oplossing te vinden. Als er een brandrelevante verbinding moet worden ontworpen, kunt u indien bekend met PROFIS Engineering ook de constante temperatuurverdeling invoeren, of in plaats daarvan de output van de temperatuurverdelingen over de gehele verankeringslengte voor de geselecteerde toepassingen, afhankelijk van de vereiste brandbestendigheidstijd en positie van de bewapening gerelateerd aan de geselecteerde brand.

Het ontwerp wordt samengevat in een helder en begrijpelijk ontwerp-rapport en informatie over het "koude" en "hete ontwerp" voor uw projectdocumentatie.

- **Hilti HIT-CT 1:** Snelle uitharding voor standaard toepassingsbereik of toepassing waarbij een bijzonder milieuvriendelijke verbinding moet worden uitgevoerd, alleen EC2-ontwerp.



- **Hilti HIT-FP 700-R:** Ontwikkeld voor temperatuurkritieke toepassingen zoals brand, lange uithardingstijd vergeleken met systemen op harsbasis, alleen EC2-ontwerp



- **Hilti HIT-HY 200-R V3:** Snelle uitharding voor standaard toepassingsbereik, EC2-ontwerp & EOTA TR 069

- **Dekt 80% van PIR-toepassingen**

80/20

- **Hilti HIT-RE 500 V4, de oplossingsvinder:** Langzame uitharding voor standaard toepassingsbereik en toepassingen waar een zeer grote bewapeningsdiameter en diepe boorgaten of veel boorgaten nodig zijn (pneumatische mortelspuit). EC2-ontwerp & TR 069



Afb. 14: Hilti teamkracht voor achteraf aangebrachte bewapeningsverbindingen door specifieke functies te bieden

Als u echter vooraf een mortelsysteem wilt selecteren, kunnen wij een vuistregel bieden, aangezien algemene toepassingskenmerken en toepassingsomstandigheden inclusief statische belasting in combinatie met normale bewapeningsdiameters hoe dan ook door alle systemen worden gedekt:

- **Hilti HIT-FP 700-R:** Ontwikkeld voor temperatuurkritieke toepassingen zoals hierboven besproken, langere uithardingstijd in vergelijking met op hars gebaseerde systemen.
- **Hilti HIT-RE 500 V4:** Langzame uitharding voor standaard toepassingsbereik en toepassingen waar een zeer grote bewapeningsdiameter en diepe boorgaten of veel boorgaten nodig zijn.
- **Hilti HIT-HY 200-R V3:** Snelle uitharding voor standaard toepassingsbereik, in het algemeen kan 80% van alle mogelijke achteraf aangebrachte bewapening met dit systeem worden afgedekt als er geen specifieke ontwerpvoorwaarden van toepassing zijn.
- **Hilti HIT-CT 1:** Snelle uitharding voor standaard toepassingsbereik of toepassing waarbij een bijzonder milieuvriendelijke verbinding moet worden uitgevoerd (labelvrij).

SAMENVATTING

De analyse van ingegoten beton-naar-betonverbindingen die onderhevig zijn aan brand, kan worden uitgevoerd via verschillende methoden met verschillende niveaus van complexiteit en nauwkeurigheid. Op het meest eenvoudige praktische niveau kunnen beschrijvende methoden in de vorm van getabelleerde gegevens worden toegepast, rekening houdend met de specifieke voorwaarden die door deze waarden worden gedekt.

Vanwege de eenvoudige aanpak is dit de eerste methode die wordt toegepast in het praktische ontwerp voor betonelementen. Als tweede stap of als tweede optie kunnen vereenvoudigde berekeningsmethoden worden gebruikt waarbij de door brand beschadigde doorsnede wordt weergegeven door een gereduceerde doorsnede, waarbij een beschadigde diktezone aan de aan de brand blootgestelde zijden buiten beschouwing wordt gelaten. Zowel getabelleerde gegevens als vereenvoudigde berekeningsmethoden hebben gemeen dat deze aannemen dat tot 500 °C de vermindering van de betondruksterkte (hechting tussen ingegoten bewapening), gerelateerd aan de ontwerppacties, niet significant is. Daarentegen is de relatie tussen de hechting van het achteraf aangebrachte bewapeningssysteem sterk afhankelijk van de mortel, terwijl bij 500 °C geen van de onderzochte systemen op harsbasis enige resterende hechtsterkte biedt. Bijgevolg kan het toepassen van de logica van getabelleerde gegevens en een vereenvoudigde berekeningsmethode in combinatie met deze systemen leiden tot veiligheidsproblemen met betrekking tot het brandgedrag.

Om die uitdaging het hoofd te bieden, kan Hilti nu een injectiemortel op cementbasis leveren met een gerelateerde vermindering van de hechtsterkte die veel lager is in vergelijking met mortels op harsbasis en zelfs beton bij 500 °C. Daardoor kunnen achteraf aangebrachte bewapeningsverbindingen bij brand conform EN 1992-1-2 [1] met behulp van getabelleerde gegevens en vereenvoudigde berekeningsmethoden nu worden gerealiseerd met Hilti HIT-FP 700-R. In combinatie met andere Hilti-injectiesystemen zijn wij van mening dat wij bijna kunnen voldoen aan alle ontwerpbehoeften die gepaard gaan met bouwprojecten, terwijl Hilti Profis-engineering de keuze van het juiste product op een eenvoudige manier ondersteunt.

REFERENTIES

- [1] Eurocode 2: Ontwerp van betonconstructies – Deel 1-2:
Algemene regels – Constructief brandontwerp; Duitse versie EN 1992-1-2:2004 + AC:2008.
-
- [2] Eurocode 2: Ontwerp van betonconstructies – Deel 1-1:
Algemene regels en regels voor gebouwen; Duitse versie EN 1992-1-1:2004 + AC:2010.
-
- [3] EOTA Europees beoordelingsdocument EAD 330087-01-0601 (2018):
Systemen voor achteraf aangebrachte bewapeningsverbindingen met mortel, december 2020
-
- [4] Wörle, P., Appl, J., Genesio G.:
Bewehrungsanschlüsse für momententragfähige Verbindungen nach EOTA TR 069, Beton- und Stahlbetonbau Volume 115, Editie 11, S. 887-896, Ernst & Sohn 2020.
-
- [5] EOTA Technisch Rapport TR 069 (2019):
Ontwerpmethode voor verankering van achteraf aangebrachte bewapeningsstaven (bewapening) met verbeterd hechting-splijtgedrag in vergelijking met EN 1992-1-1. Oktober 2019.
-
- [6] Jan Hofmann¹, Hitesh Lakhani¹, Jatin Aggarwal²:
ACHTERAF AANGEBRACHTЕ bewapening – UITTREKCAPACITEIT TIJDENS BRAND, Otto-Graf-Journal Vol. 18, 2019, in Duits, S.141-152.
-
- [7] Staal voor de bewapening van beton – lasbaar bewapeningsstaal – Algemeen;
Duitse versie EN 10080:2005.
-
- [8] Beton - Deel 1: Specificatie, prestaties, productie en conformiteit;
Duitse versie EN 206-1:2000.
-
- [9] Zilch, K., Müller, A. and Reitmayer, C. (2010):
“Erweiterte Zonenmethode zur brandschutztechnischen Bemessung von Stahlbetonstützen”, Der Bauingenieur, Vol. 6, No. 85, pp. 282-287.
-
- [10] Cyllok, M. and Achenbach, M. (2009):
“Anwendung der Zonenmethode für brandbeanspruchte Stahlbetonstützen”, Beton- und Stahlbetonbau, Vol. 12 No. 104, pp. 813-822.
-
- [11] EOTA Europees beoordelingsdocument EAD 332402-00-0601:
(In afwachting van citatie in PBEU) Achteraf aangebrachte bewapeningsstaafverbindingen (bewapening) met verbeterde hechtingssplitsing.
-



Hilti Nederland B.V.
Leeuwenhoekstraat 4
2652 XL Berkel en Rodenrijs
T 010-519 11 11

www.hilti.nl