



## 4.12 Brandwerendheid van cellenbeton

De uitzonderlijke brandweerstand van cellenbeton is een rechtstreeks gevolg van de manier waarop het materiaal op vlammen reageert. Cellenbeton is onontvlambaar en onbrandbaar. Het is thermisch isolerend, het ontwikkelt geen giftige dampen en is ongevoelig aan temperatuursinvloeden. Deze fysische eigenschappen maken van cellenbeton een van de veiligste bouwmaterialen voor brandwanden en brandwerende wanden.

### 4.12.1 Klassering van bouwelementen op basis van de brandwerendheid

Cellenbeton behoort tot de Europese klasse A1 'niet-brandbare materialen'.

De Europese klassen van brandwerendheid refereren naar brandscenario's en gedragscriteria.

De brandweerstand wordt uitgedrukt d.m.v. de volgende criteria:

**a) Stabiliteit (R):** geeft aan hoe lang het bouwelement zijn dragende functie blijft vervullen (stabiliteit, vormverandering...).

**b) Vlamdichtheid (E):** het materiaal moet ondoorlatend zijn voor de vlammen, rook en hete gassen die de brand naar naburige ruimten kunnen doen overslaan.

**b) Thermische isolatie:** deze moet voldoende groot zijn om te verhinderen dat het materiaal en de bekledingen aan de niet aan het vuur blootgestelde muurzijde spontaan ontvlammen door de stijgende oppervlaktetemperatuur. De gemiddelde temperatuurstijging moet kleiner zijn dan 140 °C, en de plaatselijke stijging kleiner dan 180 °C.

Een muur die gedurende 180 minuten aan de 3 criteria voldoet, krijgt de classificatie REI 180.



Brand in een opslagruimte, gecompartmenteerd door brandwanden in cellenbeton.



De smelttankers zijn bezweken aan de brandzijde, en de staalconstructie is ingestort zonder de brandwand mee te sleuren.



Aan de andere kant van de brandwand zijn de smelttankers intact gebleven: de brandwand heeft zijn functie vervuld.

#### 4.12.2 Brandwerendheid van cellenbetonwanden

##### a) Muren in gelijmde cellenbetonblokken

Officiële proeven op cellenbetonblokken, geplaatst met lijm mortel, hebben de volgende waarden opgeleverd:

Dikte	Brandweerstand
100 mm	EI 180
150 mm	REI 240
200 mm	REI 360
240 mm	REI 360

##### b) Muren in gewapende platen

Dikte	Brandweerstand
150 mm	EI 360
200 mm	EI 360

Opmerking: Deze platen zijn aan een draagstructuur vastgemaakt. Het spreekt vanzelf dat de brandweerstandswaarden gelden zolang de stabiliteit van de draagstructuur intact blijft (zie hierna: bouwtechnische principes).

Vastgesteld wordt dat de brandweerstandswaarden uitstekend zijn, zelfs met een geringe materiaaldikte. Zo wordt de hoogste brandwerendheid (EI 360) reeds bereikt met een 150 mm dikke muur. Dit verklaart waarom de meeste installaties, waarin men de brandwerendheid van andere materialen test, in cellenbeton worden uitgevoerd.

##### c) Dak- en vloerplaten

De brandwerendheid van dak- en vloerplaten hangt af van de spanwijdte, de belasting en de dikte van de betondekking van de onderwapening. Zo verliest een plaat zijn weerstand zodra de wapening de kritische temperatuur van 550 °C bereikt. Om dit te vermijden kan men de betondekking van de hoofdwapening vergroten, of isolerend beton gebruiken om het warmtetransport af te remmen. Aangezien cellenbeton een zeer lage  $\lambda$ -waarde heeft, blijft de warmtedoorgang beperkt en werkt de betondekking veel efficiënter dan met zwaar beton.

In dit verband verwijzen we naar de norm DIN 4102 Teil 4, die de brandwerendheid voor cellenbetonplaten geeft als functie van de betondekking van de hoofdwapening.

Brandwerendheid	REI 30	REI 60	REI 120	REI 180
Betondekking u minimum [mm]*	12	20	40	55
*u = afstand tussen de onderzijde van de plaat en de as van de hoofdwapeningsstaven.				

#### 4.12.3 Gedrag van cellenbeton bij brand

Cellenbeton combineert twee essentiële eigenschappen die het gedrag bij brand optimaliseren: het materiaal reageert niet op brand en heeft daarbij een zeer grote brandwerendheid.

##### a) Reactie bij brand

De reactie bij brand van een bouw materiaal is het geheel van de eigenschappen van dit materiaal met betrekking tot zijn invloed op het ontstaan en op de ontwikkeling van een brand.

Cellenbeton is niet-brandbaar, en levert geen enkele bijdrage aan de verbranding. Bij brand geeft het geen rook af en draagt het niet bij tot de brandverspreiding.

##### b) Brandwerendheid

De brandwerendheid van bouwelementen is de tijdsduur dat de bouwelementen hun rol blijven vervullen die hun is toebedeeld, ondanks de effecten van een brand. De wand moet stabiel, branddicht en thermisch isolerend blijven.

Niet-brandbaar materiaal is niet noodzakelijkerwijs brandwerend. Vezelcement is niet-brandbaar, maar zal bij een brand reeds bij lage temperatuur stukspringen als gevolg van de inwendige thermische spanningen. Bijgevolg kan dit materiaal niet verhinderen dat de brand zich verspreidt.



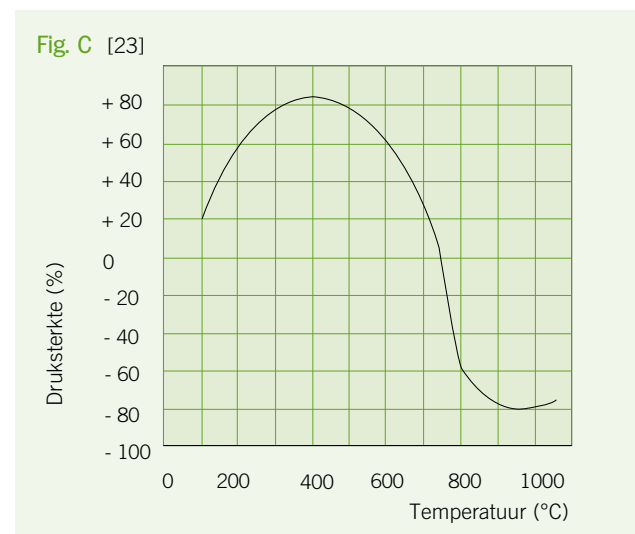
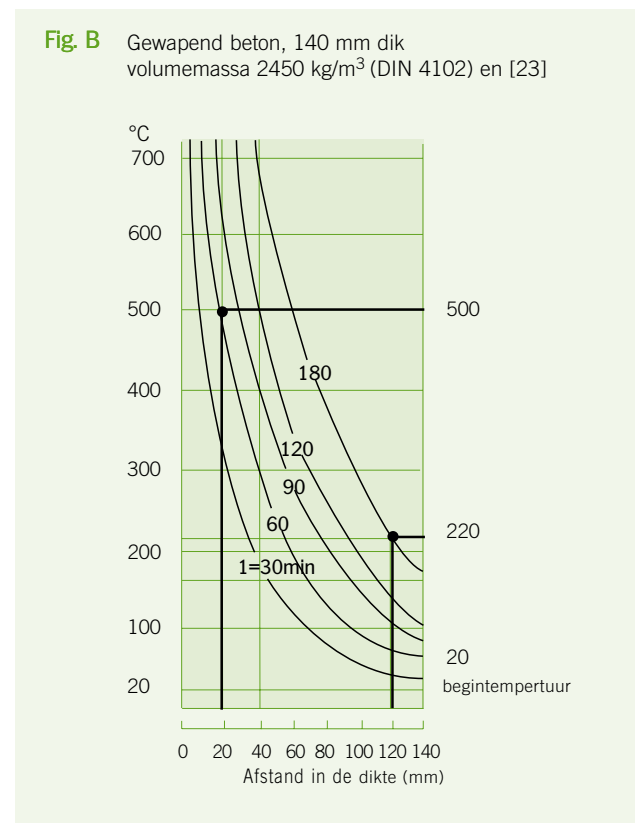
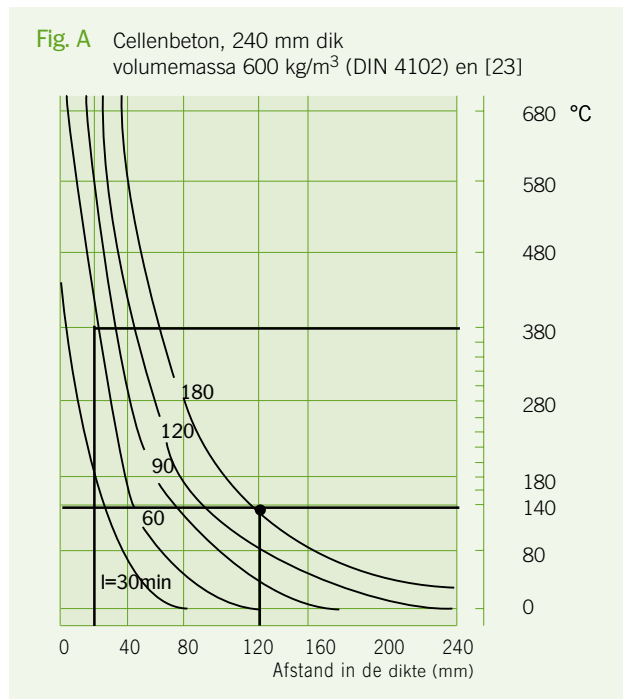
De langdurige blootstelling van cellenbeton aan grote hitte bij brand heeft vrijwel geen invloed op de materiaalstructuur. Er treedt geen vormverandering op. Vormverandering resulteert doorgaans in vlamoverslag, rookvorming of zuurstoftoevoer naar de brandhaard via naburige ruimten.

Figuur A illustreert het temperatuurverloop in een cellenbetonmuur die aan brand is blootgesteld.

In figuur B staat het temperatuurverloop voor een muur in gewapend beton die aan dezelfde voorwaarden is onderworpen. Door de isolerende celstructuur gaat de inwendige temperatuur minder snel omhoog in de cellenbetonmuur dan in de betonmuur.

Na circa 180 minuten is de temperatuur in de binnenruimte op 120 mm van het gedeelte aan de brandzijde met 120 °C gestegen voor cellenbeton, en met 200 °C voor gewapend beton.

Na een brandtijd van 1 uur bedraagt de temperatuur op 20 mm van de aan het vuur blootgestelde zijde 380 °C voor cellenbeton. Voor gewapend beton bedraagt de temperatuur op 20 mm van de rand na 1 uur 500 °C. Bijgevolg moet een grotere betondekking op de hoofdwapeningen worden aangebracht. Om de brandwerendheid van dragende platen in gewapend beton te vergroten, moet de betondekking worden aangepast in functie van het temperatuurverloop in het materiaal (zie fig. A).



In figuur C staat de invloed van de hitte op de druksterkte van cellenbeton. Deze neemt toe onder invloed van een temperatuurstijging en bereikt een piek bij 400 °C: bij deze temperatuur verandert Tobermoriet in Wollastoniet. Vervolgens neemt de druksterkte af en bereikt zijn minimumniveau op circa 950 °C.

#### 4.12.4 Compartimentering en brandwerendheid van wanden van gebouwen

In de reglementering op federaal vlak alsook op het niveau van de gemeenschappen en gewesten, vinden we twee basisregels voor brandbeveiliging terug: de compartimentering en de aanwezigheid van nooduitgangen (evacuatiewegen). Deze twee basisregels voldoen aan drie doelstellingen die hun neerslag vinden in alle reglementen, met name:

- **Eerste doelstelling: de veiligheid waarborgen van de aanwezigen in het gebouw.**

De aanwezigen moeten de mogelijkheid krijgen bij brand het gebouw te verlaten via een veilige weg en op eigen kracht, of om te vluchten naar een brandveilig compartiment. Dit hangt af van de snelheid waarmee de brand zich in het gebouw voortplant.

- **Tweede doelstelling: de ontwikkeling van de brand vertragen en verhinderen dat de brand zich in het gebouw verspreidt.**

Door de brandverspreiding (rook en vuur) in te perken kunnen de aanwezigen gemakkelijker in veiligheid worden gebracht en kan men de brand sneller blussen.

- **Derde doelstelling: het ingrijpen van de hulpdiensten vergemakkelijken.**

Het koninklijk besluit van 7 juli 1994 legt de basisnormen vast voor de preventie van brand en ontploffing waaraan de nieuwe gebouwen moeten voldoen. Deze basisnormen zijn minimumeisen die men voor elke constructie in acht dient te nemen, ongeacht de bestemming. Zo kan het Brussels Hoofdstedelijk Gewest bijvoorbeeld een besluit uitvaardigen dat op brandpreventief gebied de voorwaarden bepaalt waaraan nieuwe hotels dienen te voldoen. Deze voorwaarden moeten echter overeenstemmen met de eisen in de basisnormen, met daarbovenop specifieke voorschriften voor hotels.

De eisen inzake compartimentering en nooduitgangen (evacuatiewegen) hangen af van de hoogte en de bestemming van het gebouw. Zo wordt de **hoogte van een gebouw H** omschreven als de afstand tussen het afgewerkte vloerpeil van de hoogste verdieping, en het laagste peil van de door de brandweerwagens bruikbare wegen rond het gebouw.

- hoge gebouwen (HG):  $h > 25 \text{ m}$
- middelhoge gebouwen (MG):  $10 \text{ m} \leq h \leq 25 \text{ m}$
- lage gebouwen (LG):  $h < 10 \text{ m}$

Een **compartiment** wordt omschreven als het volume van een gebouw begrensd door wanden die de brandverspreiding naar de aanliggende compartimenten ge-

durende een bepaalde tijd dienen te beletten. Een compartiment is al dan niet onderverdeeld in lokalen.

Het koninklijk besluit bepaalt de maximale oppervlakte van de compartimenten als functie van de bestemming en de hoogte van het gebouw. In de meeste gevallen bedraagt de maximaal toegestane oppervlakte **2500 m<sup>2</sup>. De wanden tussen de compartimenten moeten een weerstand tegen brand hebben van EI 120 voor HG, en van EI 60 voor MG en LG.** Structurele elementen, zoals kolommen, balken, vloeren en draagmuren, moeten minstens dezelfde weerstand tegen brand hebben als de wanden van het compartiment.

De tabel op de volgende pagina geeft een niet-beperkend overzicht van de minimale weerstand tegen brand van de wanden, zoals voorgeschreven in het koninklijk besluit van 7 juli 1994.

Op te merken valt dat cellenbeton in alle gevallen voldoende weerstand biedt, en qua brandwerendheid zelfs ruimschoots beter presteert (zie par. 4.12.2) dan voorgeschreven in het KB. Het bouwen in cellenbeton staat garant voor een optimale brandveiligheid, voorzover de voorgeschreven bouwtechnische principes (compartimentering, evacuatiewegen...) worden toegepast.

In het koninklijk besluit is geen rekening gehouden met **industriële gebouwen** (hierover is een KB in voorbereiding). In de praktijk schrijven de brandweer en verzekeringsmaatschappijen voor industriële gebouwen echter de strengste brandwerendheidsnormen voor, die ruim boven EI 120 liggen (opslag van kostbare producten of licht ontvlambare stoffen, of vanwege de schade veroorzaakt door het stilleggen van de productie). In deze gevallen worden EI 240 of EI 360 voorgeschreven.

Vereiste weerstand tegen brand [EI]	Hoog gebouw HG	Middelhoog gebouw MG	Laag gebouw LG
Wanden tussen compartimenten	120	60	60 (> 1 bouwlaag)
Structurele elementen, trappenhuizen	120	60 boven EI 210 onder EI	60 (>1 bouwlaag)
Dak	120	60	30
Gevel	60	60	
Wanden tussen aanpalende gebouwen	240	120	60
Technisch lokaal	120	60	60
Transformatorlokalen	120	120	60
Collectieve keukens, lokaal voor opvang van huisvuil	120	60	60
Stookafdelingen en bijhorigheden	120	120	
Wand die een zaal begrenst (>500 personen)	120	60	60
Wand tussen winkel- en handelscomplex en de rest van het gebouw	120	60	60
Wanden van archiefruimten	60	60	60
Verticale binnenwanden van lokalen die 's nachts worden gebruikt	60	60	

KB van 7 juli 1994

EI = Het laagste evacuatie niveau

#### 4.12.5 Bouwtechnische principes

Voor brandwanden worden drie bouwtechnische principes toegepast:

- 1. De vrijstaande wand.** Dit is een stevige, stabiele wandconstructie uit cellenbeton, die aan beide zijden geheel onafhankelijk is van het gebouw. Het maakt bij een dergelijke constructie niet uit aan welke zijde van de wand er brand ontstaat. De constructie is zodanig ontworpen dat aan elke brand relatief lang kan worden weerstaan.
- 2. De gekoppelde wand.** Hier wordt de cellenbetonwand (wandplaten) verankerd aan de draagstructuur van het gebouw. Die verankering kan op tal van manieren worden uitgevoerd, zoals verder zal blijken (dubbele muren, enkele muur, staalstructuur, betonstructuur, enz.). In industriële gebouwen wordt deze toepassing het meest gebruikt om brandwerende wanden te bouwen.
- 3. De homogene constructie.** Het volledig gebouw wordt in cellenbeton uitgevoerd, met inbegrip van de draagstructuur. Dit systeem wordt toegepast voor eengezinswoningen, appartementen, alsook voor niet-industriële gebouwen (kantoren, garages, klein-handelszaken, enz.).

##### 4.12.5.1 Combinatie cellenbetonmuur / staalstructuur

In België wordt voor draagconstructies vaak staal

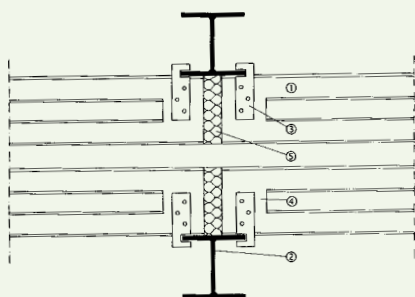
gebruikt. Dat is ongetwijfeld te wijten aan de interessante kostprijs. Constructief gezien is staal een uitstekend bouw materiaal. Vanuit brandtechnisch oogpunt zijn er evenwel een aantal bezwaren aan verbonden: het belangrijkste minpunt is dat staal verweekt bij een stijgende temperatuur. Bij belaste draagconstructies ontstaat reeds bij een temperatuur van circa 400°C een kritieke toestand. Bij 600°C heeft de structuur slechts 40% van de oorspronkelijke sterkte. Zulke temperaturen worden bij een brand van enige betekenis al snel bereikt, en doorgaans stijgt de temperatuur tot niveaus tussen 800 en 1200°C. Omdat verweking leidt tot het zogenaamd 'zijgen' van de staalconstructie (in het begin langzaam, maar naarmate de temperatuur stijgt versneld ineenzakken van de staalconstructie) komt de aan een staalconstructie verankerde brandwand in gevaar. Immers, door het zijgen kan de wand worden meegesleurd en zelfs instorten. Eerst stort het dak in, en vervolgens het volledig gebouw. Daardoor kan de brand naar de andere compartimenten overslaan.

Cellenbetonfabrikanten hebben verschillende systemen uitgewerkt om dit scenario te voorkomen:

a) Men kan twee vrijstaande brandwerende wanden bouwen, die elk aan een eigen stalen draagstructuur zijn vastgemaakt. Wanneer het gebouw door brand instort, kan het vuur niet overslaan naar het naburige gebouw, aangezien dit een vrijstaande structuur heeft die volkomen intact en zodoende brandveilig blijft.

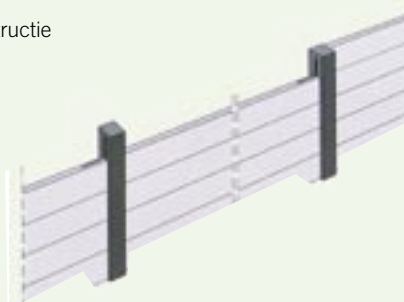
b) Men kan een brandwerende wand bouwen die door middel van smeltankers aan de staalconstructie wordt bevestigd. Bijzonder aan deze brandwandankers is dat ze smelten zodra een bepaalde temperatuur wordt bereikt. Als de staalstructuur begint te vervormen door de brand komen de smeltankers los van de structuur waar de brand gesitueerd is. Hierdoor wordt de brandwerende wand niet meegeleurd door de draagstructuur, maar blijft deze vast aan de staalstructuur van de andere kant.

Brandwand met dubbele muur

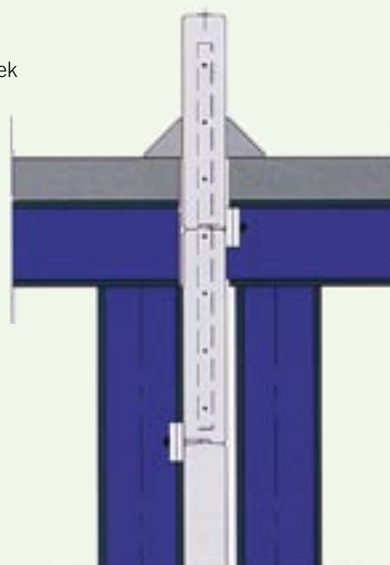


Brandwand met smeltankers

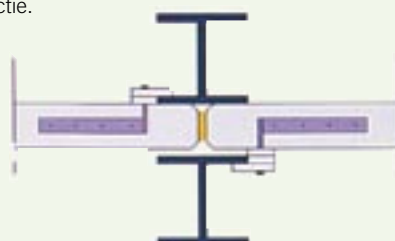
Staalconstructie

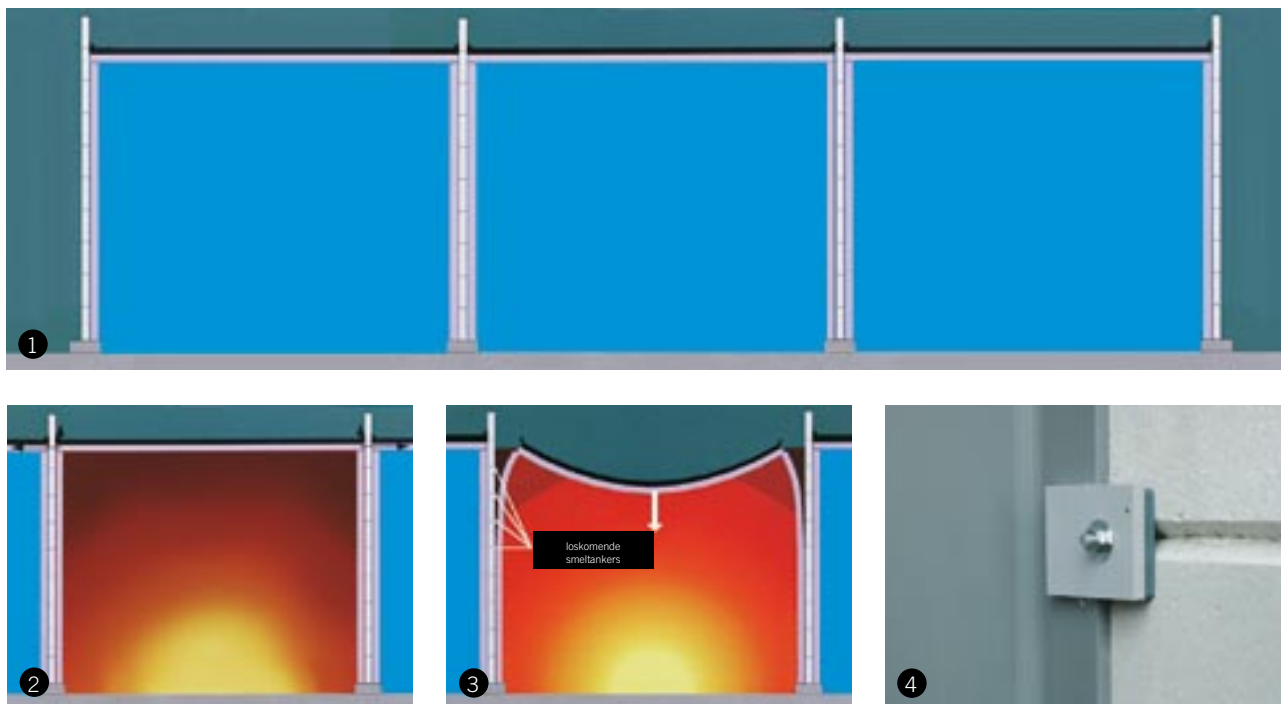


Dakoversteek



Bevestiging aan de kolommen:  
Brandwand gecombineerd met een dubbele  
staalconstructie.





Principe van brandwand met smeltankers.

① De meest efficiënte maatregel vanuit brandpreventief oogpunt bestaat erin het industriegebouw te compartimenteren in meerdere ruimten die door brandwanden worden gescheiden.

Zo voorkomt men dat de brand zich in het hele industriegebouw uitbreidt, met alle economische gevolgen vandien. Eventuele schade blijft beperkt tot het compartiment waar de brand is ontstaan.

Zoals blijkt uit de bovenstaande figuur, kan men een industriegebouw bijvoorbeeld in drie compartimenten verdelen door middel van twee brandwanden.

② De compartimenten worden gescheiden door middel van brandwanden die voorkomen dat de brand naar andere delen van het gebouw overslaat.

In het gebruikte systeem krijgt men een staalstructuur per compartiment met brandwanden uit cellenbeton die aan weerszijden aan de kolommen van de constructie vastgemaakt zijn.

De brandwanden zijn uitgevoerd in cellenbeton van 15 of 20 cm en hebben een brandwerendheid van de hoogste klasse, namelijk EI 360.

De wandplaten moeten beurtelings aan beide draagstructuren worden vastgemaakt door middel van smeltankers.

③ Wanneer brand ontstaat in een compartiment, smelten de brandwandankers aan de brandzijde bij een temperatuur van 168 °C. Hierdoor komen de kolommen aan de brandzijde los van de brandwand.

Gezien de uitstekende thermische isolatie van cellenbeton zal de temperatuur aan de andere kant van de muur nauwelijks toenemen en blijven de brandwandankers aan de niet-brandzijde intact. De brandwand uit cellenbeton blijft verankerd aan de staalstructuur aan de andere kant van de brand.

Wanneer de staalstructuur aan de brandzijde instort, is deze niet meer verbonden aan de cellenbetonmuur. Dit betekent dat de muur blijft rechtstaan. De cellenbetonmuur blijft verankerd aan de staalstructuur van de andere hal, en beschermt deze tegen het vuur.

④ Detail van het smeltanker.

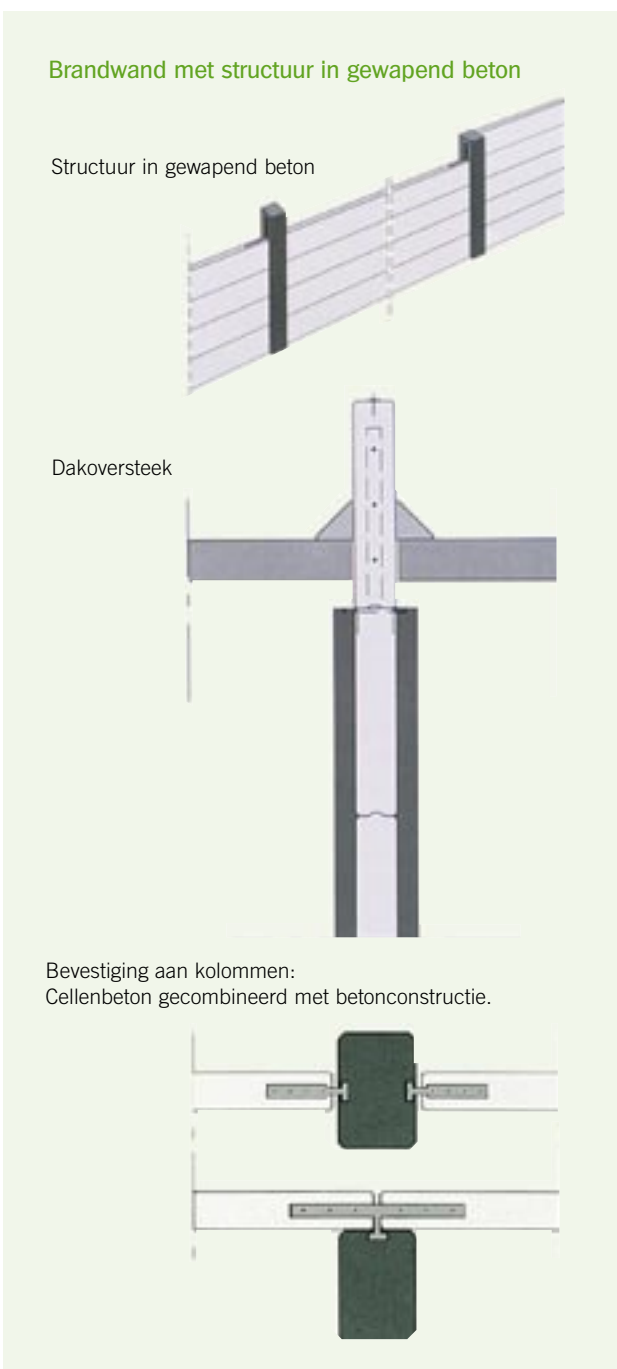
De brandwand is door middel van smeltankers aan de stalen kolommen vastgemaakt.

Deze ankers zijn om beurten vastgemaakt aan de stalen kolommen aan weerszijden van de brandwand.



#### 4.12.5.2 Combinatie cellenbetonmuur / structuur in gewapend beton

Ook in dit geval wordt de brandwerendheid van de muur grotendeels bepaald door de kolommen en liggers uit beton. Hierbij vervult de betondekking van de wapening van de kolommen en liggers een belangrijke rol. Op dit ogenblik wordt veelvuldig gebruik gemaakt van H-vormige betonnen kolommen waarin cellenbeton wandplaten worden ingeklemd.



#### 4.12.5.3 Brandwerende voegen

Om de vlam- en rookdichtheid te waarborgen, wordt op de horizontale voegen van de muurplaten lijm-mortel voor cellenbeton aangebracht (geen Comtriband).

De stootvoegen tussen cellenbetonplaten moeten speciaal afgekit worden. Eerst worden ze gevuld met minerale wol (dichtheid: 30 kg/m<sup>3</sup>; initiële dikte: 50 mm) die zorgvuldig wordt aangedrukt. Vervolgens worden ze volledig afgesloten door middel van een soepele brandwerende voegmassa van minstens 20 mm dik. Deze bouwwijze levert een brandwerendheid op van EI 240.

#### 4.12.5.4 Concreet voorbeeld

In de nacht van zondag 5 januari 1997 ontstond brand in een expeditiebedrijf. Oorzaak was een kortsluiting in een van de vorkheftrucks in het magazijn. Het gebouw waar de reisbrochures waren opgeslagen, ging in een mum van tijd in de vlammen op. De brandweer was snel ter plaatse maar kon pas na één uur de bluswerkzaamheden aanvatten. Dat kwam doordat het buiten hard vroom (-15 °C), zodat het water moeilijk door de brandslangen kon stromen. Dankzij de brandwerende constructie bleef de schade echter beperkt: het magazijn was in twee compartimenten gescheiden door een brandwerende wand uit cellenbeton met smeltankers.

Hierdoor kon de brand niet overslaan naar de andere delen van het gebouw. Tijdens de brand doorstond de brandwerende wand van cellenbeton de praktijkproef gedurende 120 uur. Toch was er vrijwel geen beginnen aan om de grote balen papier te blussen. Er restte de brandweer alleen nog de buitenlaag nat te spuiten, weg te nemen en de volgende laag te blussen, tot de volledige voorraad papier gedooft was – een tijdrovende taak die vijf dagen zou duren. Inmiddels draaide het bedrijf echter weer op volle toeren. Twee dagen na de brand was het kantoorpersoneel opnieuw op post, aan de intact gebleven zijde van de brandwerende wand. Zes weken later bereikte de onderneming weer de normale kruissnelheid. De schade bleef relatief beperkt dankzij de hoge brandwerendheid van de brandwand uit cellenbeton met smeltankers. Het vernielde gedeelte werd in een mum van tijd heropgebouwd zonder buitensporige kosten. Niet voor niets is de brandwerendheid van cellenbeton een belangrijk argument voor de verzekeringsmaatschappijen, dat zij belonen met een minder hoge premie.

