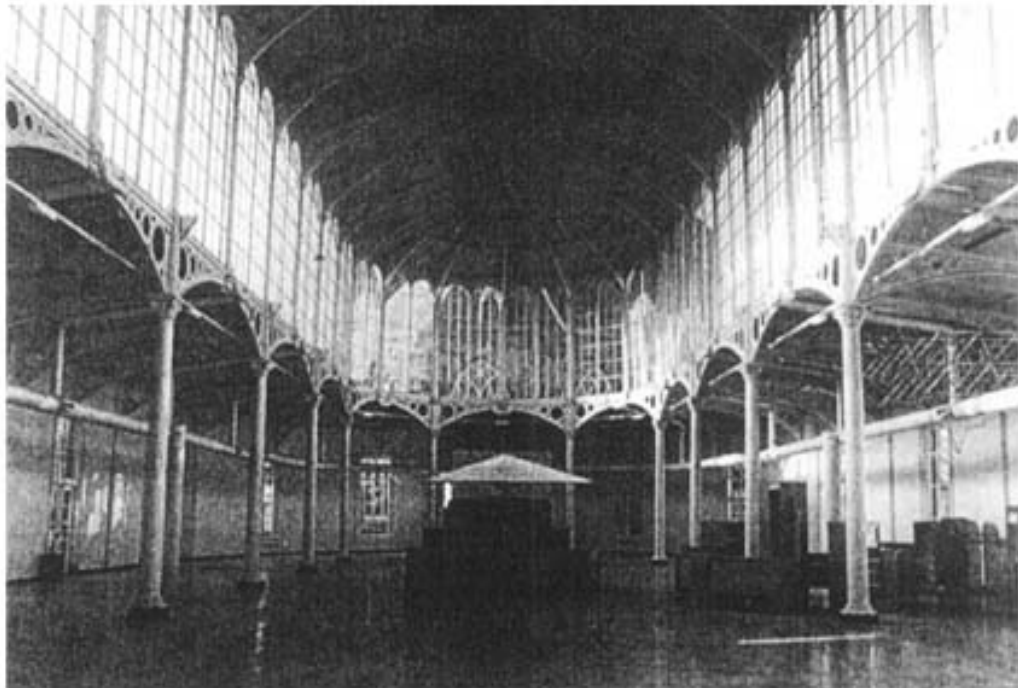


Historische ijzeren constructies en brandwerendheid



Robert Huisman Studio Flexibiliteit en Bouwtechniek
28-10-03

Historische ijzeren constructie en brandwerendheid



Historische ijzeren constructies en brandwerendheid

Inhoud

pag 2	1>Inleiding
pag 3	2>Eisen 2.1 sterkte 2.2 stijfheid 2.3 stabiliteit
pag 4	2.4 Brandwerendheid
	3> Maatregelen 3.1 maatregelen m.b.t. de sterkte, stijfheid en stabiliteit
pag 5	3.2 Maatregelen m.b.t de brandwerendheid 3.2.1. het omkleden van de constructie
pag 6	3.2.2. het verzorgen van een tweede draagweg 3.2.3. Het vullen van constructie-elementen met beton
pag 7	3.3.3 Het vullen van constructie- elementen met water 3.3.4 Het aanbrengen van sprinklers 3.3.5 Constructie-elementen voorzien van een schuimvormende verlaag
pag 8	4> Conclusies
pag 9	Literatuur

1> Inleiding

Tot het eind van de achttiende eeuw bestond de constructie van gebouwen hoofdzakelijk uit gemetselde binnen- en buitenwanden en houten balkvloeren. Tijdens de industriële revolutie ontstond vanuit Groot-Brittannië de behoefte aan nieuwe bouwwerken, zowel bestemd voor grootschalige industriële productie (fabrieken pakhuisen), als voor de opbouw van een nieuwe infrastructuur (waterwegen, spoorwegen, bruggen etc.).

Ook voor handel en administratie waren andersoortige gebouwen nodig zoals kantoorgebouwen en overdekte markten.

De nieuwe typen gebouwen verschillen van de traditionele gebouwen op het gebied van eisen ten aanzien van brandwerendheid en afmeting. Voor de nieuwe productiemethoden waren veel grotere overspanningen nodig dan voorheen, en dus ging men op zoek naar nieuwe constructie-methoden. De oplossing werd gevonden in de verbetering van de fabricage van ijzer, waardoor het economisch mogelijk werd om ijzer ook voor grotere bouwwerken als constructie materiaal te gebruiken. In 1779 kwam de eerste grote ijzeren brug gereed, de Iron Bridge over de Coalbrookdale in Engeland.¹

In Nederland verliepen de ontwikkelingen trager de eerste ijzeren brug werd in 1839 gebouwd in de spoorlijn Amsterdam – Haarlem. In de gebouwen sector werd ijzer voor het eerst toegepast omstreeks 1840 in de vorm van gietijzeren balken kolommen en consoles.

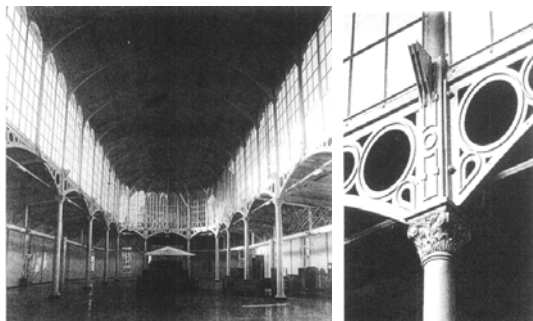


fig. 2 korenbeurs in Groningen met detail gietijzeren kolom (1865)

Aanvankelijk leek ijzer een perfect constructie materiaal als het gaat om brandwerendheid,

omdat ijzer een onbrandbaar materiaal is, maar bij temperaturen boven de 450°C verliest het snel zijn sterkte. Om ijzeren constructie vlodende brandwerend te maken werden ze in verdiepingsgebouwen in Nederland omstreeks 1900 meestal voorzien van een brandwerende bekleding. Deze methode had men afgekeken van de Verenigde Staten, waar men in Chicago na 1880 wolkenkrabbers begonnen te bouwen²

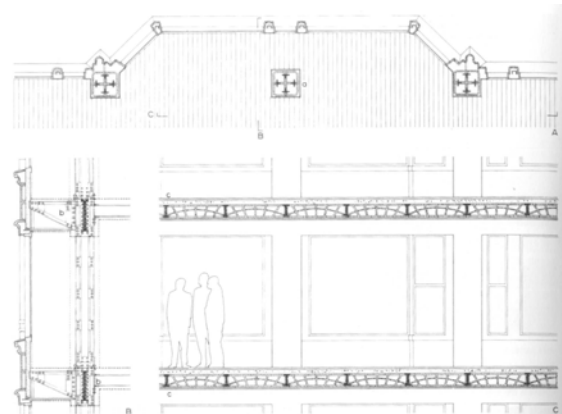


fig1. Reliance Building, Chicago (1890) boven: de ijzeren kolommen zijn ingepakt met keramische elementen. Links: verticale doorsnede rechts: doorsnede over holle vloer waarin stalen balken zijn opgenomen

Bij de uitwerking van dit verslag zal ik er van uitgaan dat bij de renovatie van historisch waardevolle constructie van ijzer vooral de visuele kwaliteit en het specifieke karakter van de constructie centraal staan. Hierbij zal men, als het gaat om brandwerendheid de constructie vooral in het zicht willen laten. In dit geval zijn er andere middelen nodig om aan gestelde eisen ten aanzien van brandwerendheid te voldoen.

2 > Eisen

Aan constructies worden eisen gesteld betreffende sterkte, stijfheid en stabiliteit.

Vroeger lagen de eisen ten aanzien van deze punten anders dan nu. Vooral over stijfheid dacht men in de negentiende eeuw anders dan nu. Wanneer voor een constructie een ontwerp is gemaakt kunnen de afmetingen bepaald worden d.m.v. een berekening. In de huidige technische grondslagen voor de berekening van bouwconstructies (TGB) staan voorschriften die voldoende houvast bieden bij de berekening van belastingen¹, materiaaleigenschappen en veiligheid. Bij herberekening van oude constructies zullen deze niet op alle punten voldoen aan gestelde eisen. Daarbij zou het ook kunnen zijn dat de constructie in de loop der jaren is aangetast door corrosie. Naast eisen voor sterkte stijfheid en stabiliteit worden ook eisen gesteld ten aanzien van de brandwerendheid. Bij de herbestemming van een oud gebouw moet men vooral opletten als ook de functie van het gebouw veranderd. De eisen ten aanzien van de brandwerendheid zijn in een pakhuis namelijk anders dan die voor een woongebouw.

2.1 Sterkte

Met de sterkte van een constructie wordt aangegeven in welke mate een gebouw verschillende soorten belasting veilig kan opnemen. Bij belastingen kunnen 3 soorten worden onderscheiden namelijk; vloerbelasting, sneeuwbelasting en windbelasting. In verdiepingsgebouwen kan vloerbelasting worden gelimiteerd. Voor sneeuwbelasting moet volgens de voorschriften, over het gehele land dezelfde waarde worden aangehouden, alleen in kustgebieden kan deze waarde afwijken. De windbelasting van een gebouw hangt af van de oppervlakte van de gevel en hoogte van het gebouw, en kan alleen door

onderzoek worden vastgesteld. Bij overwegingen omtrent de veiligheid van een constructie kan men kijken naar het bezwijkingsmechanisme, hierbij speelt het belang van een constructie-element een grote rol. De vraag is of het bezwijken van een bepaald constructie element leidt tot voortschrijdende instorting of dat er een herverdeling van krachten binnen de constructie optreed.³

2.2 Stijfheid

De stijfheid van een gebouw heeft te maken met vervorming, een constructie mag niet teveel vervormen bij verschillende belastingcombinaties. Bij onvoldoende stijfheid van een gebouw kan de afbouwconstructie in gevaar komen of kan de hemelwaterafvoer voor problemen zorgen. Bij het buigen van vloeren en daken moet de afbouwconstructie deze vervorming kunnen volgen. Lichte scheidingswanden kunnen bij grote doorbuiging gaan scheuren, deuren en ramen kunnen gaan klemmen en glasvlakken kunnen springen. Voor gebouwen is vastgesteld wat de maximale doorbuiging van liggers en de maximale horizontale uitwijking van gebouwen is.

2.3 Stabiliteit

De stabiliteit van een gebouw houdt in principe de standzekerheid in. Een constructie is stabiel als de standzekerheid in horizontale zin gewaarborgd is. Bovendien mag de constructie die uitsluitend aan verticale belasting onderhevig is niet omvallen. Een portaal kan schematisch worden weergegeven door een statisch schema. Dit schema geeft de hartlijnen van de constructie elementen en de aard van de verbindingen weer (zie fig 2).

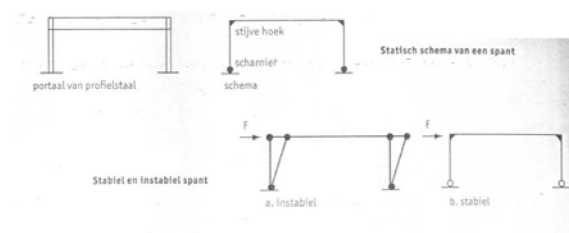


fig.3 statisch schema van een spant

Er zijn twee soorten verbindingen namelijk; scharnierenden en vaste verbindingen. Als een portaal horizontale krachten op kan nemen dan wordt hij stabiel genoemd. Een instabiele constructie kan worden versterkt door het aanbrengen van een windverband. Dit windverband bestaat uit kruisende diagonalen die trekkrachten kunnen opnemen.



fig.4 Moerdijkbrug (tegenwoordig Spijkenssnerbrug) stabiliteitsverbanden in langs- en dwarsrichting.

Vooraf in gebouwen uit de 19^{de} eeuw blijken stabiliteitsverbanden wel eens te ontbreken. Deze zijn bewust weggelaten omdat men ze lelijk vond. Soms zijn verbanden aanwezig, maar niet goed uitgevoerd.

2.4 Brandwerendheid

Eisen op het gebied van brandwerendheid staan vast in het bouwbesluit in het onderdeel constructieve veiligheid. Deze eisen hebben betrekking op de hoofddraagconstructie. Hiermee worden de onderdelen van de constructie bedoeld die bij bezwijking voortschrijdende instorting veroorzaken. In het bouwbesluit wordt onderscheid gemaakt tussen drie soorten gebouwen:

- > tot bewoning bestemde gebouwen
- > niet tot bewoning bestemde gebouwen
- > bouwwerken, geen gebouw zijnde

Bij gebouwen wordt onderscheid gemaakt tussen nieuwbouw en bestaande gebouwen. Over het algemeen worden aan bestaande gebouwen lagere eisen gesteld⁴.

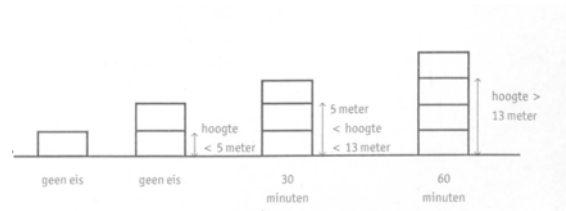


fig4 brandwerendheidseisen voor de hoofddraagconstructie van bestaande gebouwen.

3 > Maatregelen

In het vorige hoofdstuk werd al beschreven dat de huidige eisen omtrent de stijfheid, sterkte, stabiliteit en brandwerendheid tegenwoordig zwaarder zijn dan vroeger. Bij het hergebruiken van gebouwen zullen dus vaak enkele constructieve maatregelen moeten worden getroffen om de gebouwen aan de huidige eisen te laten voldoen.

3.1 maatregelen m.b.t. de sterkte, stijfheid en stabiliteit

Op het moment dat het onzeker is of een bepaald constructie-element horizontale en/of verticale krachten kan opnemen kan men een aantal maatregelen treffen;

- > versterking van bestaande constructie-elementen
- > wijziging van verbindingen (zie fig. 4 en 5)
- > toevoeging van constructie-elementen
- > vervanging van constructie-elementen



fig.5 perronoverkapping station 's-Hertogenbosch 1896

De twee spanthelven van het knieboogspant in het station waren in de top verbonden door middel van bouten door de kopplaten en een streep aan de bovenzijden. Voor buiging bij neerwaartse belasting gedroeg deze verbinding

zich bij benadering als een scharnier. Door het aanbrengen van een strip aan de onderzijde werd de verbinding buigstijf. Bovendien zijn in de spantvakken taan allebei de kanten van het midden strippen ingelast. De doorsnede van de randen zijn nu I - vormig in plaats van T-vormig⁵

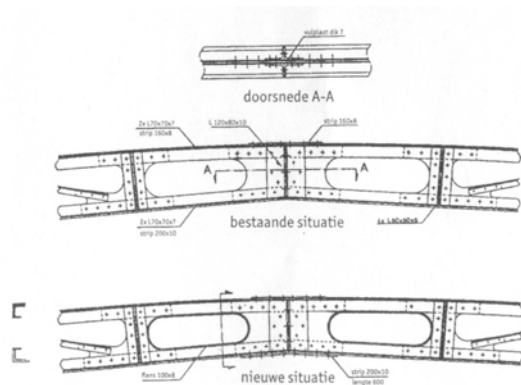


fig.6 Detail spant Perronoverkapping 's-Hertogenbosch

3.2 Maatregelen m.b.t. de brandwerendheid

Wanneer een onbeklede constructie niet voldoet aan de gestelde eisen kunnen er een aantal constructieve maatregelen getroffen worden;

- > het geheel omkleden van de constructie
- > verzorgen van een tweede draagweg
- > vullen van de constructie-elementen met water
- > aanbrengen van sprinklers
- > constructie-elementen voorzien van een schuimvormende verflaag⁶

3.2.1 het omkleden van de constructie

De brandwerendheid van een constructief element hangt af van de mate van opwarming en de afname van de sterkte bij een verhoogde temperatuur. De mate van opwarming is op zijn beurt weer afhankelijk van de warmtecapaciteit, de warmtegeleiding, de dichtheid en de geometrie van het element. Een H-profiel zal ten opzicht van een rond profiel sneller opwarmen door de relatief grote oppervlakte

van het H-profiel. De sterkte van gietijzer, smeedijzer en staal loopt boven de 450 graden celcius snel terug

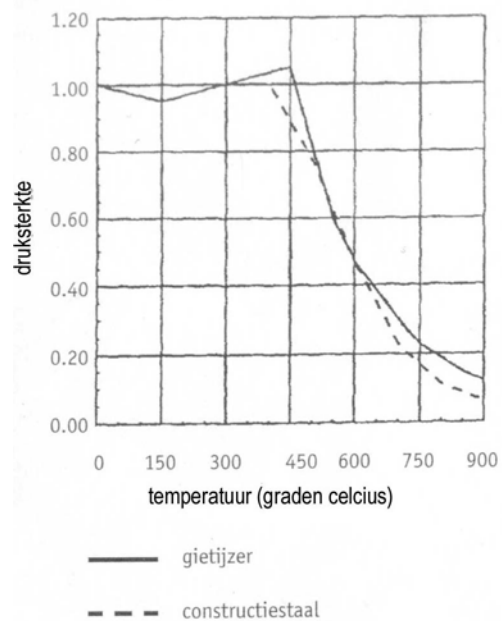


fig.7 verband tussen de druksterkte bij een verhoogde temperatuur van gietijzer en constructiestaal

Bij gietijzer is ook van belang dat bij blus werkzaamheden het element eenzijdig sterk kan afkoelen waardoor het element kan breken.

D.m.v. het inpakken van de constructie met bijvoorbeeld beton wordt ervoor gezorgd dat de constructie minder snel opwarmt. Een bijkomend voordeel hiervan is dat in sommige gevallen verbindingen die eerder scharnierend waren op deze manier buigstijf worden. Vroeger werden staalconstructies op verschillende manieren met slecht geleidende materialen omkleed;

- > gieten (beton)
- > pleisteren (stuc, gips)
- > spuiten (asbest, vermiculiet-perliet)
- > platen (hout, asbestcement, gipskarton)⁷

In de gortpellerij de Korenbloem in Koog aan de Zaan zijn de gietijzeren kolommen en de ijzeren balken omkleed met beton

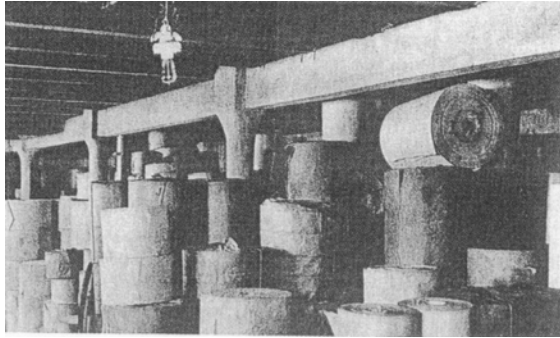


fig.8 Gortpellerij de Korenbloem in Koog aan de Zaan (1900).

In het algemeen zal men juist de historische constructie in het zicht willen laten. De maatregelen die hierna worden besproken zijn daar uitstekend voor te gebruiken.

3.2.2 het verzorgen van een tweede draagweg

Aan de bestaande constructie kan een nieuwe element worden toegevoegd die de belastingen kan dragen de oude constructie wordt op die manier een stuk decoratie. In het pakhuis De Vijf Werelddelen in Rotterdam is een dergelijke oplossing toegepast. Onder de ijzeren ligger zijn dragende muren geplaatst die de draagfunctie van de liggers bij brand overnemen⁸

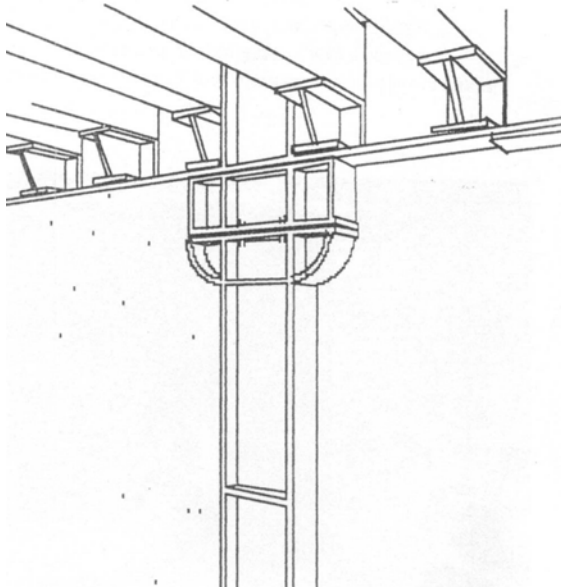


fig 9. Pakhuys De Vijf Werelddelen (1878) de dragende wand is onder de balk en tussen de kolommen geplaatst

3.2.3. Het vullen van constructie-elementen met beton

H- en I-profielen kunnen gedeeltelijk worden bekleed met beton. Hierbij worden de ruimten tussen de flenzen opgevuld met beton waardoor de warmtecapaciteit van het element toeneemt, omdat het aangestraalde oppervlakte van het element aanzienlijk afneemt. Bij buisvormige kolommen is het ook mogelijk om deze te vullen met beton. Het effect hangt af van de profielfactor en de kolomafmeting. Als een gietijzeren kolom wordt gevuld met beton in combinatie met staalvezels neemt de brandwerendheid van de kolommen vele malen toe. Door het Brittisch Steel Corporation Research Centre Tubes Division in Corby is onderzoek verricht naar het effect van het vullen met beton en met beton met staalvezels van ijzeren kolommen. De brandweerstand nam spectaculair toe van 14 minuten voor de ongevulde, naar 50 minuten voor de met beton gevulde kolommen terwijl het toevoegen van staalvezels aan het beton leidde tot een brandwerendheid van 111 minuten. Daarbij moeten wel enkele kanttekeningen worden geplaatst, beton is een mengsel van water, zand, cement en toeslagstoffen. Het water kan voor problemen zorgen op enkele gebieden. Het kan zorgen voor krimp en holle ruimten in de kolommen bovendien moet er voor worden gezorgd dat de overmaat van water dat bij een brand in stoom veranderd kan ontsnappen via een aantal gaten in de kolom. Naarmate de kolom kleiner is en de wanddikte groter neemt het effect van de betonvulling af. Dit is voornamelijk het geval bij gietijzer.⁹

3.3.3 Het vullen van constructie-elementen met water

In 1884 bestond er al een patent op watergevulde kolommen. De kolommen vormen een gesloten systeem waarbinnen water zit ingesloten. Bij brand begint het water te stromen en voert het warmte af. Als een brand lang duurt moet er wel op gelet worden dat er stoom kan ontstaan binnen in de kolom. Vroeger werden ontsnappings gaten in de kolom aangebracht en gevuld met was¹⁰. Als

het stoom uit de kolom ontsnapt waar de brand zich bevindt dan wordt in die ruimte de temperatuur lager. In Nederland is dit systeem toegepast in de brandweerkazerne in Breda. Het Centre Pompidou beschikt ook over een dergelijk systeem.

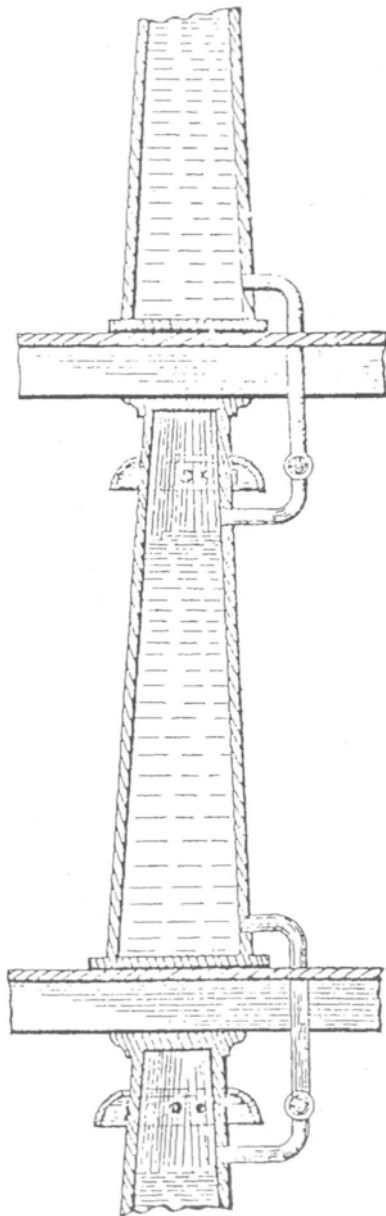


fig 10 gepatenteerde met watergevulde kolom uit 1884

3.3.4 Het aanbrengen van sprinklers

Het gebruik van sprinklers gaat gepaard met relatief hoge kosten. In 1870 werd de huidige sprinklertechniek uitgevonden. De sprinklers worden uitgevoerd met een glazen kop met daarin een vloeistof en zijn veelal gemonteerd aan een netwerk van waterleidingen aan het

plafond. Als de temperatuur in een ruimte hoger is dan een bepaalde ingestelde waarde dan springt het glas en kan het water worden verspreidt. Sprinklers dienen voor het blussen van een beginnende brand en het beperken van rookontwikkeling daarnaast zorgt het voor de beheersing van een gevorderde brand. Bij het gebruik van sprinklers kunnen de maximaal toegestane oppervlakten van brandcompartimenten worden vergroot. Dit vergroot de flexibiliteit van het gebruik van de ruimte. Een nadeel van het sprinklersysteem zijn de hoge kosten die de aanleg van het leidingennetwerk en de periodieke controle ervan met zich meebrengen.

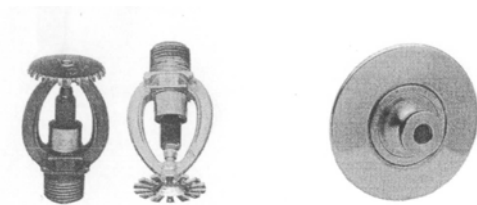


fig 11 . Verschillende soorten sprinklers links: conventionele sprinklerkoppen rechts: sprinkler met verzonken kop

3.3.5 Constructie-elementen voorzien van een schuimvormende verflaag

Een constructie element kan worden voorzien van een verflaag die bij aanraking met brand gaat verschuimen waardoor een isolerende bekleding ontstaat. Vroeger bestond deze verflaag uit een dikke mastiekachtige substantie. Tegenwoordig kan er een strakke verflaag van 0,5-2mm dik op de elementen worden aangebracht. Bovenop de brandwerende verf kan elke toplaag worden aangebracht. Hiermee kan een brandwerendheid worden gehaald tot 120 minuten. Het nadeel van de verf is dat het onderhevig kan zijn aan mechanische beschadiging of beschadiging door schoonmaakmiddelen. Daarnaast is het door de brandweer niet toegestaan om brandwerende verf in woning toe te passen omdat de brandweer daar de controle niet kan waarborgen

4> Conclusies

Oplossingen ten aanzien van de brandwerendheid	voordelen	nadelen
geheel omkleden van de constructie	op deze manier kan er extra stabiliteit aan de constructie worden toegevoegd	de constructie verdwijnt in zijn geheel uit het zicht
het verzorgen van een tweede draagweg	de constructie blijft voor een groot deel in het zicht	er kunnen beperkingen optreden bij het indelen van de ruimte
het constructieve-element vullen met beton	de constructie blijft in vele gevallen geheel in het zicht de constructie krijgt een grotere draagkracht	beperkte toepassingsmogelijkheden
het constructieve-element vullen met water	de constructie blijft geheel in het zicht	zeer beperkte toepassingsmogelijkheden
het installeren van sprinklers	de constructie blijft geheel in het zicht brandcompartmentering krijgt grotere opp.	zeer kostbaar onderhoudsgevoelig veel ruimte voor installatie nodig
het constructieve-element voorzien van schuimvormende verf	de constructie blijft geheel in het zicht	onderhoudsgevoelig en kwetsbaar niet in woningen toepasbaar

Literatuur

- 1 > Praktijkboek instandhouding monumenten, aflevering 10 juli 2002, pag 2
- 2> Kader en generieke ruimte, Bernard Leupen, uitgeverij 010, Rotterdam 2002, pag 62
- 3> Arbo en veiligheid; deel 4-1; brandwerendheid van historische ijzeren constructie en verdiepingsgebouwen, G.G. Nieuwmeijer. pag 4
- 4> Arbo en veiligheid; deel 4-1; brandwerendheid van historische ijzeren constructie en verdiepingsgebouwen, G.G. Nieuwmeijer. pag 5
- 5 > Praktijkboek instandhouding monumenten, aflevering 10 juli 2002, pag 7 t/m 9
- 6> Arbo en veiligheid; deel 4-1; brandwerendheid van historische ijzeren constructie en verdiepingsgebouwen, G.G. Nieuwmeijer. pag 7
- 7> Renovatie en Onderhoudstechnieken, J van Stigt, TU Delft 1995 pag 47
- 8> Handboek Hergebruik; C.T.H. van Rongen, E Reijers, M. Stellingwerff., TU Delft 1992 pag 41
- 9> Renovatie en Onderhoudstechnieken, J van Stigt, TU Delft 1995, pag 51
- 10> Arbo en veiligheid; deel 4-1; brandwerendheid van historische ijzeren constructie en verdiepingsgebouwen, G.G. Nieuwmeijer. pag 9