

I N L E I D I N G

Hout is het meest gebruikt en het meest veelzijdig konstruktie-materiaal in de geschiedenis. Machines, gebouwen, bruggen en andere complexe konstrukties werden en zijn nog steeds opgetrokken in hout. Zelfs metselwerk konstrukties bevatten belangrijke onderdelen in hout.

onder normale omstandigheden is hout onderhevig aan allerlei destruktieve factoren zoals schimmels, insekten, afsterving, enz. De graad van aantasting vermeerderd met ouderdom, bijgevolg is het behoud en bewaring van hout in historische gebouwen een belangrijk onderwerp voor de monumentenwacht.

De moderne houtbewaringstechnieken zijn goed aangepast aan de behoeften van het "conserveringsprincipe". In de meeste gevallen gaan zij verdere vernietiging tegen en verzekeren zij een langere levensduur van het hout.

Door het gebruik van de gepaste herstellingsprodukten kan het originele karakter van het hout weergegeven en bewaard worden.

De moeilijkheid bij het restaureren van hout is het behouden van de originele konstruktie-kracht.

Aangetaste onderdelen van grote historische of artistieke waarde moeten ofwel vervangen worden door nieuw hout ofwel hersteld worden met onzichtbare verbindingen teneinde hun draagkracht te behouden.

Noch vervanging, noch herstellingen zijn verenigbaar met de stellingen van historische restauratie.

Een van de meest aanvaardbare methodes voor de restauratie van beschadigd hout is het inbrengen van versterkte elementen en het vastzetten met epoxyharsen. Variaties van dit systeem zijn gekend in vele landen.

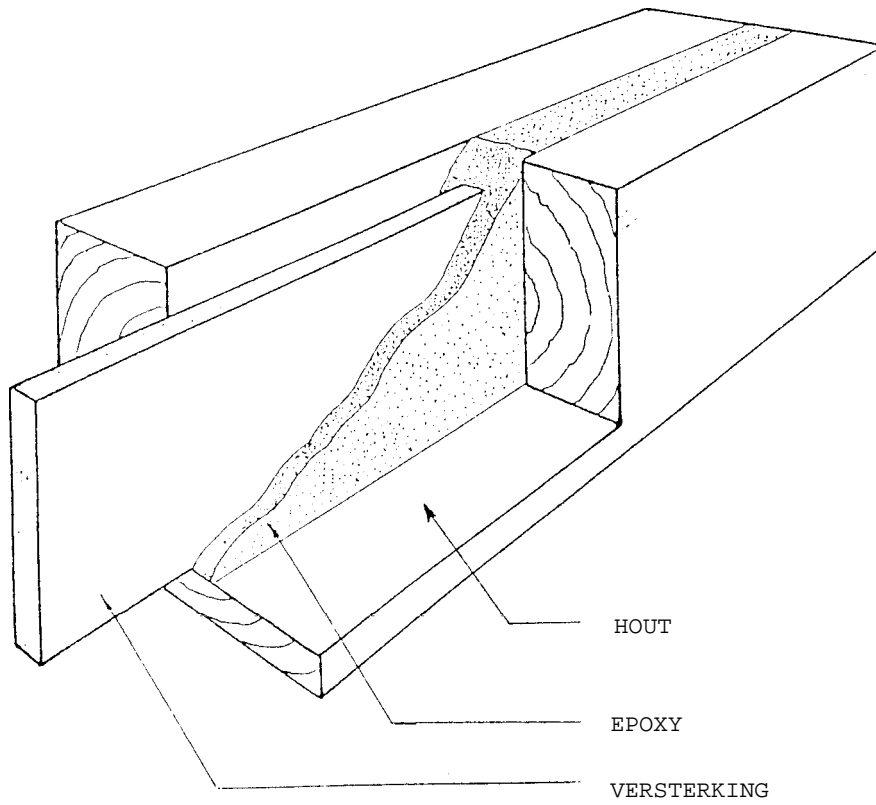
Het systeem geïntroduceerd in deze gids is het H.E.V. systeem.

Voor een voorbeeld van de toepassing van dit systeem zie figuur

1. H.E.V. is geen handelsnaam maar de gepaste afkorting van
H : staat voor Hout E : staat voor Epoxy V : staat voor
versterking

Het H.E.V.-systeem kan toegepast worden voor historische en moderne konstrukties.

De ontwikkeling van het H.E.V.-systeem berust op ervaringen op diverse bouwwerven. Wij kunnen echter geen garantie geven op de toepassing van het H.E.V.-systeem daar er oneindig veel mogelijke variaties bestaan in de gebruiksmethodes en de omstandigheden waarin zij toegepast kunnen worden.



FIGUUR. 1

ALGEMENE

KENMERKEN

1 Beschrijving van het systeem

Vooreerst willen wij benadrukken dat het H.E.V.-systeem geen preventief onderhoud is.

Het H.E.V.-systeem is een restauratiesysteem van het houtwerk met verstevigingselementen gegoten in epoxy.

In het algemeen wordt de overblijvende draagkracht van het hout volledig gebruikt. Indien de aantasting te ver gevorderd is, wordt het hout enkel en alleen gebruikt als vorm voor de andere componenten en wordt de last gedragen door de versterkingselementen en de epoxy.

De versterkingselementen worden in het hout gebracht om de spanning en de druk te dragen. Zij hebben ongeveer dezelfde werking als betonijzer in beton.

Glasvezels, aluminium, staal of andere, mogen gebruikt worden als versterking. In de meeste gevallen worden glasvezels of betonijzers gebruikt.

De versterkingselementen kunnen in bestaande openingen aangebracht worden.

Indien deze openingen niet aanwezig zijn, dient men te boren in het hout en de versterkingselementen aan te brengen

Epoxyhars heeft een dubbele rol in het H.E.V.-systeem.

- A) Het vervangt de vernietigde of vergane delen van het hout en voegt er een aanzienlijke kracht aan toe.
Epoxy is twee tot drie maal sterker dan het bestaand hout
- B) Epoxyhars heeft een goede aanhechting aan zowel hout als aan de versterkingselementen zoals staal, aluminium, glasvezels, enz.
Dit verzekert dat de verschillende soorten materialen voor-
goed verbonden zijn en één geheel vormen.

2. Wanneer wordt het H.E.V.-systeem gebruikt ?

Het H.E.V.-systeem is een van de vele variaties om de structurele draagkracht van hout te herwinnen. Het grootste voordeel is dat de balk wordt hersteld zonder zijn uiterlijk te veranderen.

In volgende gevallen kan dit systeem gebruikt worden

- het houtwerk is geschilderd, gegraveerd of bewerkt op artistieke wijze
- het houtwerk is van artistieke waarde
- het houtwerk is belangrijk door zijn oudheid of originele structuur
- als het vervangen van het aangetaste houtwerk de omgeving zou storen
- als het vervangen een te dure kost zou zijn

3 Het epoxymortelsysteem

RCEM-Hout die gebruikt wordt voor het H.E.V.-systeem is een combinatie van verschillende ingrediënten

RCEM-HOUT

RCEM-H is een driecomponentenprodukt op basis van epoxyharsen. Component A : Gemodificeerd vloeibaar epoxyhars met pigment. Component B : Aminoamide-verhardercombinatie met trage reactiesnelheid en zeer geringe warmteontwikkeling tijdens de reactie. Component C : Mengsel van minerale vulstoffen, speciaal ontwikkeld om een goede vloeï en krimp te verzekeren

Toepassing : RCEM-H werd speciaal ontworpen als herstelmortel voor het herstellen van door houtrot en door insecten beschadigde balkkoppen en balkverbindingen. Alle componenten zijn kant-enklaar voorgedoseerd verpakt, zodoende dat op de werf enkel nog maar hoeft te worden gemengd.

Eigenschappen : RCEM-H is een epoxymortel met bijzonder hoge aanhechting aan hout. Verder heeft hij een bijzonder lage koude vloeï en een nagenoeg krimprijze doorharding. Tijdens de doorharding komt er haast geen warmte vrij. Verder blijft de mortel een weinig elastisch. Dit is vergelijkbaar met eigenschappen van eikenhout.

Fysische en chemische eigenschappen

Kleur :	Bruin
Soortelijk gewicht :	2,2 kg/l
Potlife na mengen 15° C :	1 uur
Doorhardingstijd 15° C :	24 uren
Volledig belastbaar :	na 7 dagen bij kamertemperatuur
Piektemperatuur :	in 1 L mengsel, max. 40° C
Drukvastheid :	62 N/mm ²
Martens temperatuur HDT :	62 ° C
Treksterkte :	14,5 N/mm ²
E-modulus :	3.500 N/mm ²
Verbruik :	20 kg/cm/m ²

Voorbereiden van de ondergrond : Alle aangetast hout verwijderen. Zorgen dat er op een droge (<6.5% vocht) en vetrijze ondergrond wordt gewerkt. Zorgvuldig ontstoffen van de hechtvlakken.

Mengen van de massa : Component A (de harscomponent) met component B (de verharder-component) tot volledige homogeniteit. Vervolgens de component C (de vulstof) toevoegen. Gedurende 3 min. mengen met een traagdraaiende menger. De componenten zijn in de juiste mengverhouding verpakt. De volledige verpakking moet worden aangemaakt. De gemengde massa onmiddellijk storten in de bekisting, die omheen het balklichaam werd gezet. Deze bekisting kan blijvend zijn, doorgaans bestaat ze dan uit eik en is ze in de bestaande balk ingewerkt. Ingeval de bekisting moet worden weggenomen moet deze ingesmeerd worden met een ontkistingsmiddel. De balkkop nog gedurende minstens 7 dagen ondersteund laten. De wapeningsstaven worden via hun boorgaten langs de balkzijde opgegoten/geïnjecteerd met het bindmiddel alleen (dit is comp. A met component B zonder de vulstof).

4. Plaatselijke herstelling

Voor plaatselijke herstellingen wordt RCTM-Hout aanbevolen

RCTM-Hout

- Beschrijving:** RCTM-Hout is een driecomponenten tixotroop produkt op basis van epoxyharsen voor verticaal en plaatselijke houtherstellingen. Hét voordeel van dit produkt is . men hoeft geen bekisting te plaatsen, men kan de herstelling artistiek uitvoeren d.w.z. nerven en putjes inbrengen. De massa is bruin gekleurd.
- Basis:** Component A: epoxyhars
Component B: tixotrope verharder
Component C: gewassen en inerte vulstoffen
- Aanwending:** Het rot houtgedeelte verwijderen en vervolgens zorgvuldig reinigen en ontstoffen. Bij grote opvullingen enkele roestvrije stalen nagels inkloppen in het hout als verankering. Aanbrengen van een RC 850 primer met borstel. Vervolgens A en B component mengen. Nadien de nodige artistieke details aanbrengen met borstel en truweel. Bij het bewerken van de RCTM-Hout mortel moet men regelmatig het truweel afkuisen met RC VERDUNNER. Zo krijgt men geen verlijming aan het truweel.
- Technische Geg :** Soortelijk Gewicht: Ongeveer 2,2 Kg
Reinigen materiaal: Synthetische verdunner
Verbruik: Ongeveer 2 Kg/Dm³.
- Uitharding:** Hardt vlug uit zonder krimpen. Na 24 uur. Bij voorkeur temperaturen hoger dan 10° C. Mechanische weerstand : 650 in 750 Kg/cm²

5. EPOXYLIJM RC 850

In sommige gevallen is het onmogelijk met vloeibare epoxyharsen aan te werken teneinde bewapeningen vast te lijmen. In deze gevallen gebruikt men epoxy in pastavorm. RC 850 is in gelvorm, dat niet afdruipt. Het kan ook geïnjecteerd worden met pistool in openingen om bijvoorbeeld glasvezelstaven vast te lijmen.

RC 850 E P O X Y L I J M

Beschrijving: RC 850 is een epoxylijm op basis van epoxharsen, oplosmiddelvrij.

Toepassing:

- Hechting en herstelling van verweerde constructies
- Hechting van metalen platen
- Verankeringen (horizontaal, vertikaal of in het plafond)
- Vastzetten van ankers en trekstukken
- Vastzetten van glasvezelstaven, ijzerstaven in hout
- Verlijmen van houtstukken
- Primer voor de RCTM-Hout

Gebruiksaanwijzing - Voorbereiding van de draagvlakken

Zorgvuldig het draagoppervlak reinigen. Het moet volstrekt zuiver en gaaf zijn. Stofvrij maken.

- * Draagvlakken in metaal : zandstralen of zorgvuldig afschuren met slijpschijf op schuurpapier en afwassen met brandalcohol.
- * Synthetische draagvlakken (polyester, epoxy, ...) : de oppervlakken lichtjes afschuren met een slijpsteen of schuurpapier om een zeer fijne ruwheid te bekomen en stofvrij maken.

Aanwending : RC 850 wordt geleverd in dubbele verpakking, waarvan de inhoud juist voor gebruik grondig wordt gemengd. De gebruiksduur van het gemengde systeem is ca. 30 min. Applicatie met kortharige harde borstel of rol. Het mengsel moet op beide stukken hard aanwrijven met een pleisternes, truweel, borstel of met de hand (handschoenen dragen) Bij vochtige oppervlakken moet men langer aanwrijven om het mengsel te laten indringen. De laagdikte mag normaal variëren van 1 tot 5 mm. De hechting moet gebeuren terwijl het mengsel nog in pastavorm is. Na de hechting moet men spanvijen aanbrengen om gedurende de eerste 12 uren elke verplaatsing te vermijden. De draagvlakken mogen vochtig zijn, maar vrij van water- of dampdruk gedurende de verharding van het mengsel.

Technische gegevens :

- Kleur : kleurloos.
- Vaste stof : 100;%
- Soortelijk gewicht : 1 Verdunning : mag niet verdund worden.
- Temperatuurbestendigheid : tot 60° C
- Druksterkte : 1150 à 1200 kg/cm²
- Treksterkte : 450 à 500 kg/cm²

Uitharding: Tot 5° C en bij hoge relatieve luchtvochtigheid, vingerdroog na ca 5 uur bij 18° C.

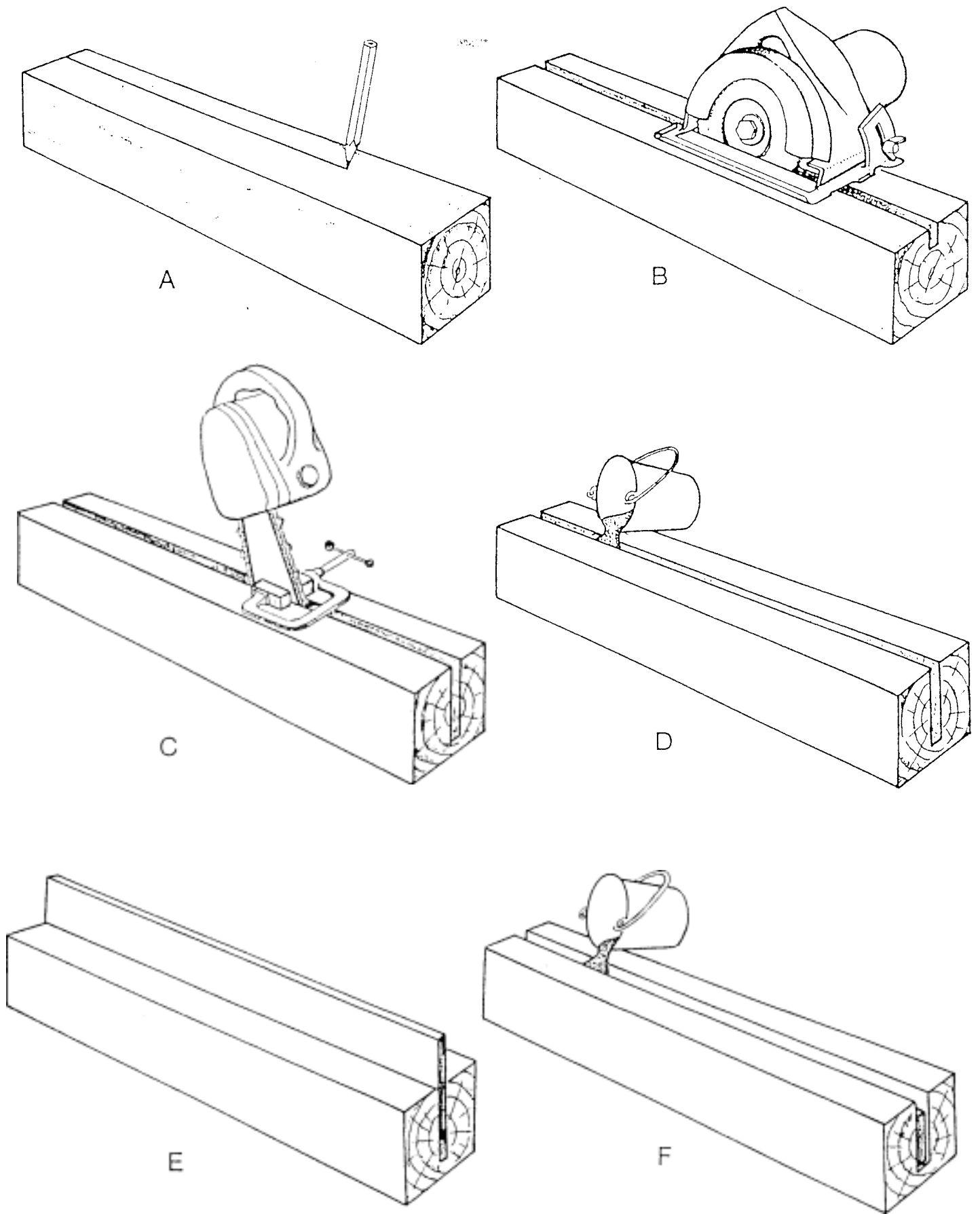


Fig.2

6. Preparatiesystemen van houtwerk voor het H.E.V.-systeem

De versterkingsplaten worden geplaatst in gleuven of openingen die gemaakt worden centraal in het hout (zie figuur 2) De gleuf of booropening dient 6 tot 10 mm breder te zijn dan de versterking. Dit dient om een goede verlijming te krijgen met de epoxy. Indien men met ijzerbewapening werkt, zal deze behandeld worden met roestwerende verf en wordt deze min. 15 mm onder het oppervlak geplaatst.

Werkwijze: .

- maak de gleuf 6 tot 10 mm breder dan de aan te brengen bewapeningsplaat
- maak de gleuf stofvrij
- vul de gleuf tot op 1/3 tot 1/2 met epoxymortel RCEM-Hout
- plaats de bewapening in de gleuf met een lichte druk
- opvullen met epoxymortel RCEM-Hout
- laten rusten om op te drogen

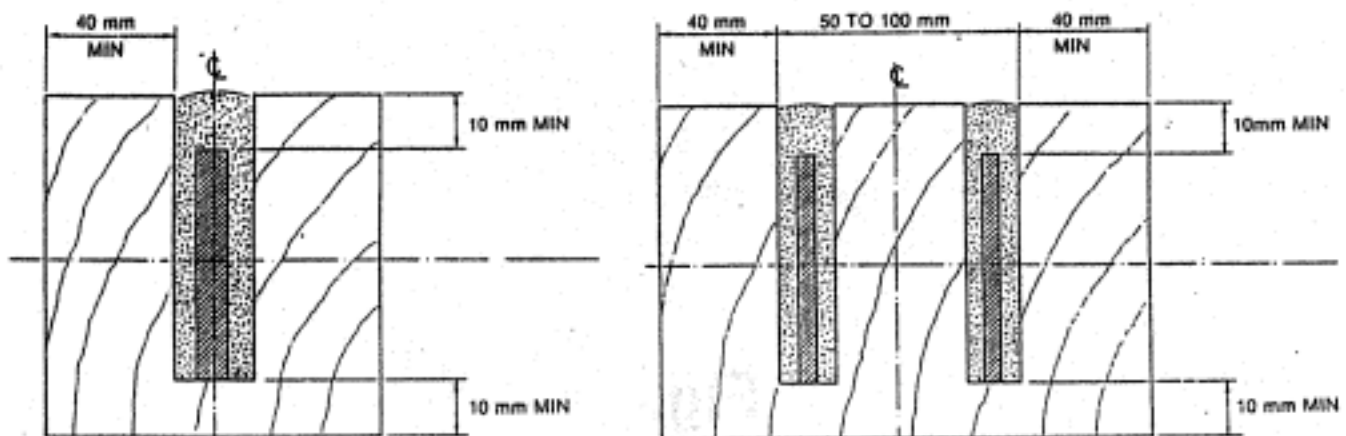
7. Bepalen van het profiel van de versterkingsplaten (benadering)

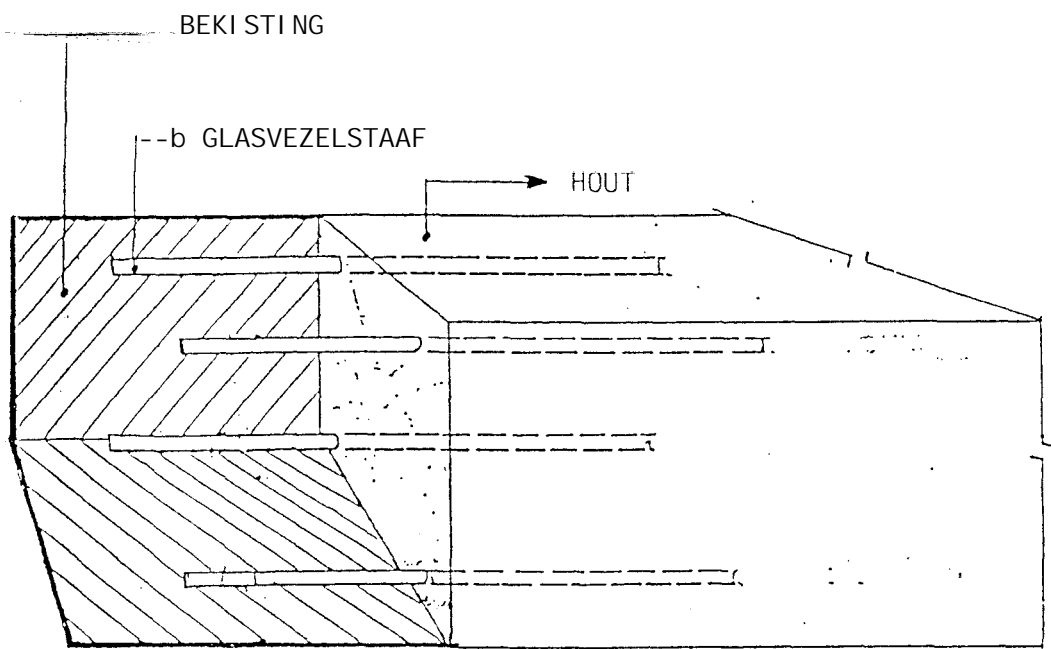
Algemene regels

De plaat is min. 5 mm dik. De plaat moet zo diep mogelijk zijn, om het contactoppervlak tussen hout en epoxy-versterking te maximaliseren. Is de balk dikker dan 150 mm, dan is het aangewezen twee parallelle platen te plaatsen. Elke plaat moet dan 50 % dragen van de belasting. Voor de brandveiligheid is het aangewezen dat de platen op de zijkant nog met minstens 40 mm hout bedekt zijn.

Aan de bovenkant moet er 10 mm hout of epoxy boven de platen zijn. Indien slechts één enkele plaat geplaatst wordt, moet deze overeenkomen met de as van de balk. (zie figuur hieronder)

Na de uitharding van de epoxy dient men minstens 48 uren te wachten vooraleer de balk te belasten





7. Balkkopvernieuwingen met glasfiberstaven

Werkwijze

Het slechte houtgedeelte verwijderen, vervolgens dienen, afhankelijk van de afmeting d.w.z. de omtrek van de balk, glasfiberstaven te worden ingebracht. De lengte van de glasfiberstaven is afhankelijk van het gedeelte van de balk welke vernieuw dient te worden.

Voorbeeld

Moet een balkkop vernieuwd worden voor een deel van 20 cm lengte, dan moet de glasfiberstaaf \pm 60 cm lang zijn, waarvan 40 cm in het gezonde hout wordt ingeboord. De diameter van de glasfiberstaven kan variëren van 12 tot 20 mm. De diameter van de boor dient hierop afgestemd te zijn. Deze gaten worden goed schoongemaakt en vervolgens gevuld met RCEMH/002 epoxy of RC 850 bij vertikaal werk.

Nadat deze gaten gedeeltelijk zijn gevuld met RCEM-H/002 epoxy of RC 850 bij vertikaal werk worden de glasfiberstaven na opruwing met schuurpapier ingebracht.

Vervolgens wordt een bekisting gemaakt welke een afmeting heeft van minimaal de grootte van het aan te gieten gedeelte. De bekisting wordt aan de binnenzijde voorzien van een plastic folie of bekistingswas en alleen de bovenzijde blijft open. Nu kan men met het aangieten beginnen, hiervoor wordt een mortel samengesteld bestaande uit epoxyhars gevuld met RCEM-HOUT vulstoffen in een mengverhouding van 1:4 tot 1:7 naargelang de afmeting en de mogelijkheid tot ingieten.

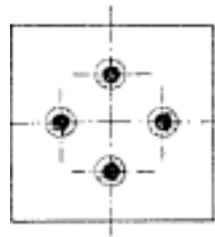
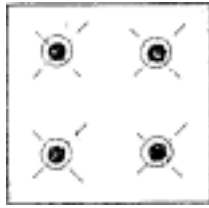
Alvorens men echter deze mortel in de bekisting giet, dient het houtgedeelte wat nog gezond is en in contact komt met het aangegoten gedeelte, te worden voorgerrimed met RCEM-H/002 epoxy of RC 850 bij vertikaal werk. Deze primer moet nog nat zijn als de mortel wordt ingegoten. Indien ronde hoeken gecreëerd dienen te worden aan het aangegoten gedeelte kan de bekisting in de hoeken worden gevuld met klei. Onderstaand vindt u de diverse types glasvezelstaven (glasversterkte polyester) : met een glasgehalte van ca 65%

DIAMETER	GR/M	E/CM
6 mm	55	0,30
8 mm	95	0.40
10 mm	150	0,50
12.1 mm	230	0.60
14 mm	290	0.70
14.9 mm	330	0,75
16 mm	380	0,80
20 mm	620	1.00
25 mm	935	1,25
27.8 mm	1170	1,40

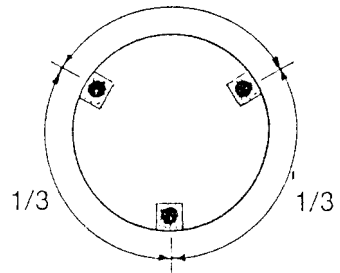
Technische gegevens

Trekvastheid : 150-500 \sim N/mm²
Doorbuiging : 1,1 - 1,5 mm

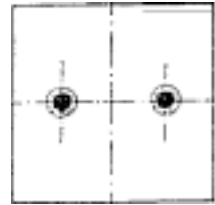
E-Modulus : 10.000 - 30.000 N/mm²
Treksterkte : 530 - 1.000 MPa



C

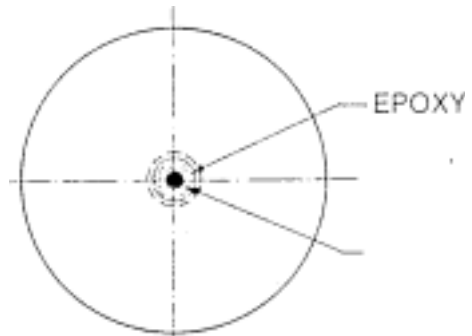


E



F

EPOXY



9. Versterking van axiaal belaste elementen

Indien er een voldoende toegang is tot het balkuiteinde, kunnen versterkingen aangebracht worden in strategisch geboorde gaten.

Men kan ook groeven zagen in de perimeter van de balk. Fig. toont enkele mogelijkheden.

De belangrijkste aspecten zijn

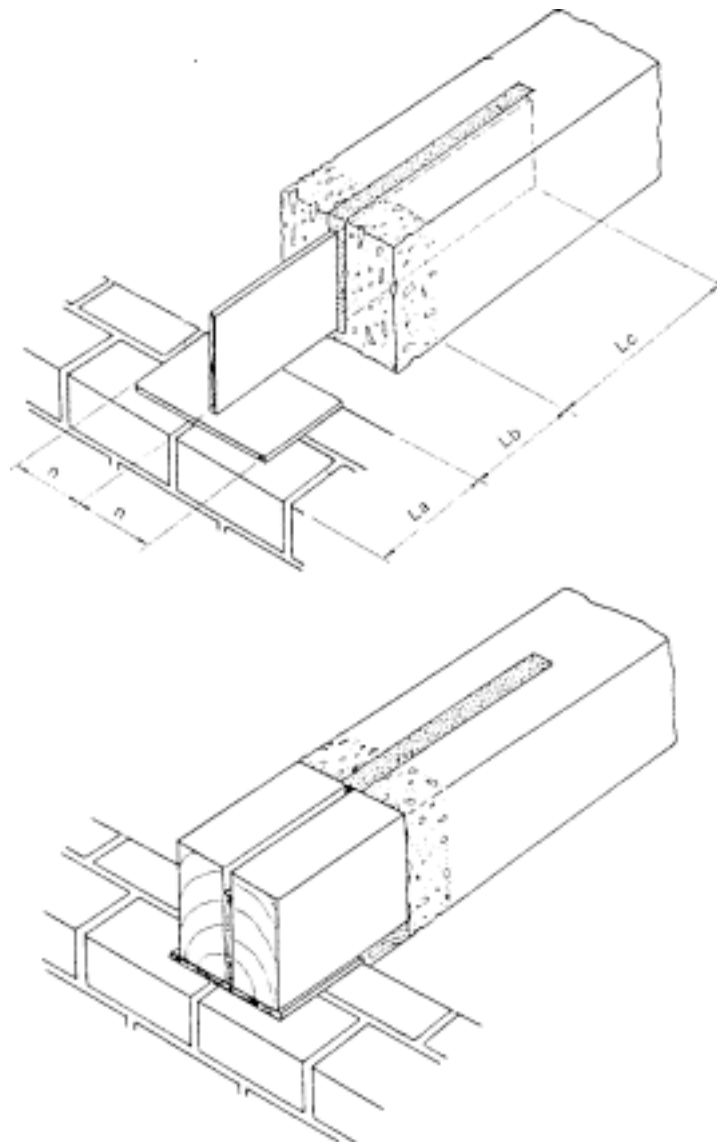
- bij toepassing van versterking dient de as overeen te komen met de as van het hout
- in geval van meerdere versterkingen moeten ze symmetrisch rond de as van het hout verdeeld worden.
- in geval van meerdere versterkingen
- een rond element : minstens drie versterkingen
- een rechthoekig element : min. vier versterkingen

10. Herstellen van balkuiteinden met platen i.p.v. glasvezelstaven

Het komt vaak voor dat vooral de balkeinden verrot zijn door het contact met het metselwerk of door blootstelling aan vochtigheid. Deze balkeinden kunnen structureel hersteld worden met het H.E.V.-systeem (zie figuur hieronder)

Het balkeinde wordt vervangen door een aangepaste versterkende plaat vanaf het draagvlak en wordt vastgezet met een epoxymortel in een groef in de balk. In onze tekst spreken wij vooral van een stalen plaat, doch ze kan gemaakt worden in glasvezel of anderen materialen.

Voor uitvoering zie punt 6.



Vloeibare epoxy kan ook geïnjecteerd in het hout. (produkt : RC INJECT type VE 3141-Hout)Zo penetreert het epoxyhars gemakkelijk in de poriën en vult de kleinste openingen en barsten in het hout. Hoe rotter het hout, hoe beter het epoxyhars penetreert. Zo vormt de balk zich terug tot één sterk geheel.

RC INJECT type VE 3141 - Hout

INJEKTIEVLOEISTOF IN 2 COMPONENTEN OP BASIS VAN EPOXYHARSEN ZONDER OPLOSMIDDELEN

Voorafgaande bewerking : Alvorens over te gaan tot het plaatsen van de injectieopeningen, worden de scheuren aan de oppervlakte gereinigd van alle stof en vuil, teneinde de scheur volledig zichtbaar te maken. Ver-olgens wordt de scheur dichtgemaakt met een tijdelijke afdichting die een dusdanige sterkte heeft dat tijdens het injecteren de injectiespecie niet uit de scheuren kan wegvloeien en een gelijkmatige druk in de geïnjekteerde sectie wordt behouden. Na binding van het geïnjekteerde epoxyhars moet de afdichting gemakkelijk kunnen verwijderd worden en mogen er geen sporen op het hout achterblijven. De tussenafstand tussen de openingen is max. gelijk aan 25 cm.

Apparatuur : de pomp moet van het manuele type zijn.

Het injecteren : Het injecteren mag slechts uitgevoerd worden bij een temperatuur hoger dan 10° C. Ook de ondergrond (de te injecteren constructie) moet een temperatuur hebben van minstens 10° C. De injectie begint steeds vanaf de laagst gelegen injectieopening teneinde de injectiespecie van onder naar boven te sturen.

Algemene kenmerken : De injectiespecie is een 2-komponent epoxyhars, bestaande uit hars A en de verharder B. In het mengsel mogen geen oplosmiddelen worden toegevoegd, gezien dit aanleiding geeft tot oplosmiddelen in de scheur wanneer bij een temperatuursverhoging het oplosmiddel wil verdampen.

Komponent A :	Epoxy-equivalent	180 +- 2 g/equi.
	Viscositeit	325 +- 50 mPa.s
	Kleur volgens Gardner	< 3
	Dichtheid	1.11 +- 0.01 g/cm ³
	Breekpunt nD ₂₅	1.532 +- 0.001

Komponent B :	Amine-equivalent	90 g/equi.
	Viscositeit	300 +- 50 mPa.
	Kleur volgens Gardner	< 8
	Dichtheid	1.05 +- 0.01 g/cm ³
	Breekpunt nD ₂₅	1.559 +- 0.001

Temperatuur : De optimale gebruikstemperatuur ligt tussen 10° C en 25°C. De temperatuur van het oppervlak moet méér dan 5° C zijn.