

BeVePro Externe Lijmwapening– Uitvoering Richtlijnen



Algemeen en informatief

Het bedrijf BeVePro Consultancy BV als volgt:

Be - staat voor Bescherming

Ve - staat voor Versterking

Pro - staat voor Producten

Consultancy staat voor expert, adviseur, begeleider bij projecten waar het gaat om versterk maatregelen van bouw constructies

Het markt segment waar BeVePro werkzaam is in het kort uitgedrukt in de GWW sector, constructies bestaande uit, hout-, staal-, asfalt- en beton waar versterkmaatregelen nodig zijn is onze potentie te vinden.

Wij houden ons bezig met Externe lijmwapening bestaande uit Koolstof of staal (memory-steel), wij vertegenwoordigen producten op basis van koolstofvezels en hebben hiervoor een exclusieve dealers contract.

Wij vertegenwoordigen mbt versterkings materialen A-Merken zoals **Re-Fer Strengthening Solutions** en Isosport **CFK Lamellen**,. Producten die hierbij horen vertegenwoordigen wij ook, denk aan epoxy-lijmen, brandwerende mortels, **Aslan**-glasvezelstaven.

In dit document vind u informatie welke u kan helpen bij de uitvoering en controle van de uitvoering m.b.t. het verlijmen van externe koolstoflijmwapening CFK 150/2000 en CFK200/2000

INHOUD

INHOUD	2
1 UITVOERING	4
1.1 Inleiding	4
1.1.1 Werkzaamheden uit te voeren Voorafgaand aan de betonherstelling	4
1.1.2 Voorbereiding van het betonoppervlak	5
1.1.3 De ontlasting van het te versterken element	6
1.1.4 Voorbereiding van de te verlijmen wapening	6
1.1.5 Controle temperatuur en luchtvochtigheid	7
1.2 Het aanbrengen van het gelijmde wapeningsysteem	7
1.2.1 Voorbereiden van de lijm	7
1.2.2 Aanbrengen van de systemen	7
1.2.2.1 Systeem prefab vezelcomposiet-epoxylijm	8
1.2.2.2 Systeem vezelcomposiet op basis van vezelweefsels/sheets-epoxylijm	8
1.2.2.3 Systeem staalplaat-epoxylijm	9
1.3 Extra verankering	10
1.4 Afwerking en bescherming	10
2 CONTROLE	11
2.1 Controles voor de uitvoering	11
2.2 Controle tijdens de uitvoering	11
2.2.1 Controle op de ondergrond na reiniging en herstelling	11
2.2.2 Controle op de voorgeschreven belastingscondities	12
2.2.3 Controle op de omgevingcondities tijdens het aanbrengingsproces	12
2.2.4 Controle op het aanbrengingsproces	12
2.3 Controle na uitvoering	13
2.3.1 Luchtbellen en niet-hechtende zones	13
2.3.2 Hechtsterkte	14

2.4	Richtlijnen voor toekomstig gebruik en onderhoud	15
3	CERTIFICATIE	16
4	SPECIALE AANDACHTSPUNTEN BIJ ONTWERP	16
4.1	Algemeen	16
4.2	Temperatuurseffecten	17
4.2.1	Glasovergangstemperatuur	17
4.2.2	Brandbescherming	17
4.2.3	Vorst-dooi.....	17
4.2.4	Hechting bij hoge en lage temperaturen	17
4.3	Vocht	18
4.4	Blootstelling aan UV-licht	18
9.4.1	Algemeen	18
9.4.2	Bescherming.....	18
4.5	Alkalisch en zuur milieu	19
4.6	Kruip en andere tijdsaspecten	19
4.7	Vermoeiing	19
4.8	Impact	19

1. UITVOERING

1.1 INLEIDING

De uitvoering van de werken dient te gebeuren door bekwaam en getraind personeel, bij voorkeur gecertificeerd door Bevepro Consultancy of een onafhankelijk orgaan.

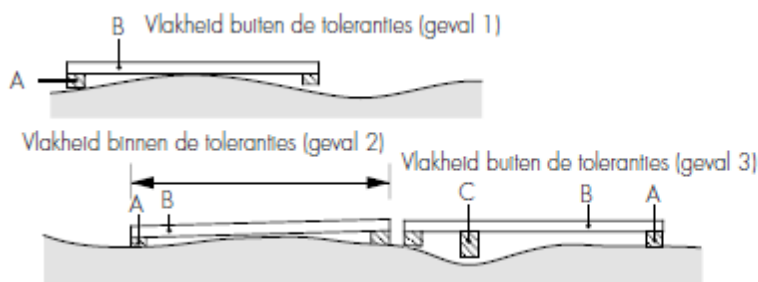
Bij de uitvoering van een gelijmde wapening op beton kunnen we globaal gezien de volgende stadia onderscheiden:

1. Werkzaamheden uit te voeren voorafgaand aan de Betonreparatie
2. De voorbereiding van het betonoppervlak
3. Het ontlasten van het te versterken element
4. De voorbereiding van het gelijmde wapeningssysteem
5. Controle temperatuur en luchtvochtigheid
6. Het aanbrengen van het gelijmde wapeningssysteem
7. De afwerking en de bescherming

1.1.1 WERKZAAMHEDEN UIT TE VOEREN VOORAFGAAND AAN DE BETONREPARATIE

Eventueel aanwezige schademechanismen in het beton worden door het toepassen van een gelijmde wapening niet stopgezet. Deze dienen dus vooraf behandeld en hersteld te worden zoals beschreven in Cur-aanbeveling 118/BRL3201. Hierbij dient men volgende punten in beschouwing te nemen:

- ▶ Het ontwerp moet rekening houden met de werkelijke oppervlaktecohesie van het beton. Algemeen wordt een richtwaarde van minstens 1,5 N/mm² beschouwd voor de ondergrond als veilige waarde voor een goede verlijming.
- ▶ Als de wapening aan het corroderen is of als het risico op toekomstige corrosie groot is, dan dient er vooraf een herstelling en/of achteraf een bescherming van het beton te gebeuren. Deze dienen verenigbaar te zijn met de aan te brengen verlijming. Er is risico op corrosie als het chloridgehalte bij de wapening groter is dan ongeveer 0,4% ten opzichte van de cementmassa en/of indien de carbonatatatie van het beton tot in de buurt van wapening reikt.
- ▶ De oorzaak van scheuren dient nagegaan te worden en scheurinjectie dient overwogen te worden om de duurzaamheid van de bestaande constructie te garanderen en onthechting van de gelijmde wapening te voorkomen. Gangbaar worden scheuren groter dan 0,2 à 0,3 mm geïnjecteerd met een compatibele laag-viskeuze hars. Scheuren groter dan 2 à 3 mm worden opgevuld met een injectiemortel die de cohesie voldoende herstelt. Speciale aandacht dient besteed te worden aan de behandeling van thermische scheuren.
- ▶ De betondekking dient geverifieerd te worden en bij onvoldoende betondekking dienen gepaste maatregelen (in functie van duurzaamheids- en ontwerpeisen) genomen te worden.
- ▶ Het beton moet vrij zijn van gebreken zoals grindnesten. Grote oneffenheden van het oppervlak dienen uitgevlakt te worden (Figuur 17). De maximale oneffenheden worden gespecificeerd in de productfiche van de fabrikant. Enkele richtwaarden staan vermeld in Tabel 6 .



Figuur 1: Meting van de oneffenheid (A: blokje waarvan de dikte gelijk is aan de tolerantie; B: regel met lengte 2 meter; C: beweeglijk blokje met dubbele dikte als blokje A)

Systeem	Oneffenheid over 2 m	Oneffenheid over 0,2 m
Staalplaat-epoxylijm	8 mm	3 mm
Prefab vezelcomposiet-epoxylijm:		
dikte > 1mm	8 mm	3 mm
dikte ≤ 1mm	6 mm	2 mm
Vezelcomposiet op basis van vezelweefsels/sheets-epoxylijm	4 mm	2 mm

Tabel 1: Maximale oneffenheid van het betonoppervlak voor de verschillende systemen

Geprefabriceerde FRP-strips (CFK150/2000 en CDK200/2000) of staalplaten, in combinatie met thixotrope lijm Bevepro Epoxy Resin StoPox SK41, zijn minder gevoelig voor oneffenheden van het oppervlak, zoals aangegeven in Tabel 6, omdat ze reeds hun stijfheid bezitten vòòr de toepassing en door het uitvullend effect van de thixotrope lijm.

Weefsels/Sheets zijn erg flexibel en zullen dus elke oneffenheid volgen, waardoor de eisen hiervoor iets strenger zijn.

Wegens het grote belang van een effen contactoppervlak wordt er dikwijls een egalisatiemortel meegeleverd bij de lijm van het systeem 'vezelcomposiet op basis van vezelweefsels/sheets-epoxylijm'. Deze mortel moet voldoen aan alle eisen voor betonherstelproducten en moet verenigbaar zijn met de lijm. Het aanbrengen van de mortel gebeurt volgens de verwerkingsvoorschriften van de fabrikant, inclusief de eventuele noodzaak van een primer.

- Vooral bij het systeem 'vezelcomposiet op basis van vezelweefsels/sheets-epoxylijm' (Bevepro C-Sheet UD) moeten scherpe randen vermeden worden. Daarom moeten hoeken afgerond worden volgens de minimale straal aangegeven op het ontwerpplan (meestal 10 à 30 mm, in functie van de toepassing).

1.1.2 VOORBEREIDING VAN HET BETONOPPERVLAK

Het is belangrijk dat de voorbereiding van het beton met zorg uitgevoerd wordt zodat er een goede hechting kan bekomen worden van de gelijmde wapening op het betonoppervlak. Hierbij dient op het moment van verlijming rekening gehouden te worden met volgende aandachtspunten:

- Het beton dient grondig ontdaan te zijn van onzuiverheden (verf, mos, olie, loszittende delen,...) en van zijn cementschud en ruw gemaakt te zijn. Indien nodig kan het resultaat van de bewerking op een proefvlak vooraf geverifieerd worden. Het bewerken van het oppervlak kan gebeuren door:

- gritstralen: spuiten van fijne harde deeltjes (bv. smeltslak-grit) door middel van perslucht. De korrelvorm, grootte en samenstelling van de deeltjes bepaalt de intensiteit van de bewerking. Deze methode veroorzaakt veel stof en afvalmateriaal.
- nevelstralen: spuiten van een mengsel van water en fijne, harde deeltjes door middel van perslucht. Deze methode veroorzaakt minder stof en afval dan gritstralen. Er ontstaat daarentegen wel een af te voeren slibmengsel en men moet het betonoppervlak voldoende laten uitdrogen.
- waterstralen onder hoge druk. Het betonoppervlak moet nadien voldoende uit drogen.
- diamantschuren

Frezen en boucharderen zijn mechanische oppervlaktebewerkingen waarbij een laag beton verwijderd wordt door middel van draaiende beitels (frezen) of kloppende hamers (boucharderen). Deze methodes kunnen microscheurtjes veroorzaken in de ondergrond en bijgevolg ook een verminderde cohesie en worden dus niet toegelaten voor het opruwen van het oppervlak. Het gebruik van roterende staalborstels wordt evenmin toegelaten aangezien deze een glad betonoppervlak creëren.

- ▶ Het voorbereide oppervlak moet stofvrij zijn. Dit kan bekomen worden door middel van olievrije perslucht en/of vacuümzuigen.
- ▶ De lijmen vereisen een droog toepassingsoppervlak. Indien dit onmogelijk is, is een specifieke lijm vereist. De maximaal toegelaten vochtigheid wordt door de fabrikant van de lijm meegedeeld in de technische fiche (richtwaarde 4 %). Van jong beton is het vochtgehalte begrepen tussen 4 en 6 % (afhankelijk van de water-cementverhouding van het beton en van de relatieve vochtigheid van de omgevingslucht). Om het vochtgehalte te meten kan men als volgt te werk gaan:
 - meting met de carbideflës, in de bovenlaag met een dikte van 30 mm.
 - om een “kwalitatief beeld” van het vochtgehalte van het beton te krijgen, kan men de volgende werkwijze volgen: men lijmt de randen van een polyethyleenfolie (oppervlakte 1 m²) op het te verstevigen constructieonderdeel. Tussen de folie en het beton mag binnen een tijdsperiode van 24 uur geen condensatie ontstaan. Deze werkwijze is geschikt om mogelijk optrekken van capillair vocht aan te tonen.
- ▶ Op het betonoppervlak zijn de plaatsen, waar de wapeningen aangebracht zullen worden, aangeduid.
- ▶ Het gebruik van een primer is meestal niet nodig tenzij het gevraagd wordt door de fabrikant van de lijm.

1.1.3 ONTLASTEN VAN HET TE VERSTERKEN ELEMENT

De gelijmde wapening zal pas deelnemen aan de krachtswerking wanneer ze onder spanning komt te staan. Dit is enkel het geval wanneer er een bijkomende vervorming optreedt na het verlijmen. Vandaar dat het belangrijk is om de constructie zoveel mogelijk te ontlasten (door het wegnemen van de variabele belasting), vooraleer men overgaat tot het aanbrengen van de gelijmde wapening.

Wanneer de constructie nadien opnieuw belast wordt, zal er ten gevolge van de optredende vervorming een zekere spanning opgebouwd worden in de gelijmde wapening.

- ▶ In bepaalde gevallen zal men er niet enkel voor opteren om de constructie te ontlasten, maar ook om deze op te vijzelen, zodanig dat eventuele vervormingen ten gevolge van haar eigen gewicht tijdelijk gecompenseerd worden.

Wanneer deze ondersteuning vervolgens weggenomen wordt, zal de gelijmde wapening opnieuw deelnemen aan de krachtwerking. De ondersteuning mag pas weggenomen worden nadat de lijm volledig uitgehad is. Ook de variabele belastingen mogen pas terug aangebracht worden na uitharding van de lijm.

1.1.4 VOORBEREIDING VAN DE TE VERLIJMEN WAPENING

De te verlijmen wapening dient, bij levering op de bouwplaats, gecontroleerd te worden naar conformiteit met het voorgeschreven product.

De voorbereiding verschilt naargelang het type wapening en dient te worden voltrokken vlak voor de verlijming.

- ▶ Geprefabriceerde strips en laminaten worden in de opgegeven breedte geleverd en ter plaatse geknipt volgens de benodigde lengte. Ze mogen alleen met propere handschoenen en in droge omstandigheden gemanipuleerd worden. Er dient geverifieerd te worden of ze door het transport of andere handelingen beschadigd werden. Ze mogen niet geplooid of gewrongen zijn en moeten vrij zijn van enige verontreiniging zoals stof, olie, koolstofstof, enz. De CFK 150/2000 en 200/2000 koolstoflamellen dienen enkel ontvet te worden met de CFK Reiniger.
- ▶ Weefsels of sheets ('wet lay-up' type) worden versneden volgens de plannen. Ze dienen gevrijwaard te worden van enige vervuiling en gecontroleerd te worden op schade door transport of verkeerd snijden. Als er beschermfolies aanwezig zijn, mogen deze pas net voor gebruik verwijderd worden.
- ▶ De te verlijmen oppervlakken van staalplaten zijn bij verlijming blank gestraald (minimaal graad Sa 2,5 volgens NEN EN ISO 8501-1 (2007)) waarbij tevens een ruwheid Ra bereikt wordt, gelegen tussen de 8 en 12 micron volgens NEN EN ISO 8501-4 (2007). Alle stof wordt van de platen verwijderd door olievrije perslucht en/of vacuümzuigen. Bij de verdere voorbereiding en manipulatie van de staalplaten worden alle maatregelen getroffen om de zuiverheid te bewaren.

1.1.5 CONTROLE TEMPERATUUR EN LUCHTVOCHTIGHEID

Het aanbrengen van de lijm dient steeds te gebeuren binnen de grenswaarden van de temperatuur en de luchtvochtigheid, zoals vermeld in de technische fiche. Ter indicatie worden de volgende veelal geldende voorwaarden gegeven:

- ▶ De omgevingstemperatuur en de temperatuur van de lijm en de te verlijmen elementen mogen niet lager dan 5°C en niet hoger dan 35°C zijn.
- ▶ De temperatuur van het beton bedraagt minstens 5°C meer dan het dauwpunt van de omgevingslucht.
- ▶ De relatieve luchtvochtigheid mag niet meer dan 80% bedragen.

1.2 HET AANBRENGEN VAN HET GELIJMDE WAPENINGSSYSTEEM

1.2.1 VOORBEREIDEN VAN DE LIJM

De lijm Bevepro Epoxy Resin StoPox SK41 bestaat uit twee componenten die in een aparte verpakking, in de juiste dosering, worden geleverd. De ene component (in kleine verpakking) wordt integraal aan de tweede component (in een te grote verpakking) toegevoegd. Het mengen gebeurt met een dwangmenger volgens de voorgeschreven mengprocedure tot er overal een homogeen mengsel bereikt is. Hierbij wordt een voldoende lage mengselnelheid aangehouden zodat het inbrengen van luchtballen in het mengsel beperkt wordt.

Om bij hogere temperaturen de verwerkingstijd te vergroten, kan de gemengde massa opgedeeld worden in kleinere hoeveelheden. Een andere mogelijkheid bestaat erin om beide componenten vooraf te koelen (niet onder 5°C).

Bevepro Epoxy Resin StoPox SK41 kan worden geleverd in 5 en 15 kg sets

1.2.2 AANBRENGEN VAN DE SYSTEMEN

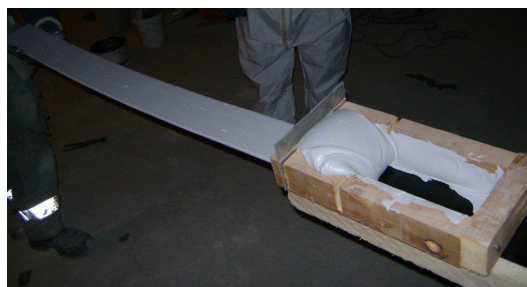
De manier van aanbrengen varieert naargelang het type van wapening. Voor strips, laminaten en staalplaten zorgt de lijm enkel voor de hechting, terwijl de Bevepro Epoxy resin StoPox GH205 deze bij sheets en weefsels naast de hechting ook voor de impregnatie van de sheets en weefsels moet zorgen.

Het aanbrengen gebeurt volgens de hieronder beschreven procedures, rekening houdend met de specifieke voorschriften van de ondergrond zoals eerder al beschreven.

1.2.2.1 SYSTEEM PREFAB VEZELCOMPOSITIET-EPOXYLIJM

Voor het verlijmen van geprefabriceerde wapeningen (strips, laminaten) wordt een hoog viskeuze lijm Bevepro Epoxy Resin StoPox SK41 gebruikt. De lijm wordt na het mengen binnen 80% van de verwerkingstijd, die geldt voor de temperatuur tijdens de verwerking, in een dunne laag op de wapening aangebracht en in sommige gevallen ook op het beton.

De lijmlaag op de te verlijmen wapening is in het midden dikker dan aan de buitenkant. Op deze manier wordt het risico op luchtinsluitingen bij het aanbrengen van de wapening verminderd. Hiervoor kan gebruikt gemaakt worden van geprofileerde spatels (Figuur 18). Voor grote lengtes kan het gebruik van een lijmbak (Figuur 18) interessant zijn.



Figuur 2: Het gebruik van een geprofileerde spatel (links) en een lijmbak (rechts) voor het aanbrengen van een uniforme lijmlaag op het prefab vezelcomposiet

De wapening wordt, binnen de open tijd van de lijm, tegen het beton geplaatst en aangedrukt met een rubberen rol om een goed contact te verzekeren. De druk wordt aangebracht vertrekkende vanuit het midden of vanaf één zijde zodat er geen luchtinsluitels gevormd kunnen worden en een continue lijmlaag verkregen wordt. De overtollige lijm tussen de strip en het beton wordt langs de zijranden van de strip uitgeperst en verwijderd. Hiervoor Bevepro CFK reiniger gebruiken zodat een schoon en net aanzicht wordt verkregen.

De dikte van de resulterende lijmlaag voldoet na aandrukken aan de specificaties van de fabrikant (algemeen ongeveer 1,5 tot 2,0 mm). Zie ook de verbruikstabel Epoxy Resin in het productblad Bevepro Epoxy resin StoPox SK41. Bij het aandrukken van de vezelcomposieten moet ervoor gezorgd worden dat de concaviteit niet groter is dan 6 mm op de lat van 2 m.

Een maximum van 3 lagen kan op deze manier toegepast worden, tenzij anders vermeld in de technische fiche van de fabrikant ofwel is aangegeven door de constructeur van het ontwerp.

Als er wapeningen kruisen, dan dient de verdikking van de lijmlaag gradueel te gebeuren, zodat de toegelaten oneffenheid niet overschreden wordt (Tabel 6). In de praktijk is het dikwijls efficiënter om de ruimte tussen twee strips die kruisen met een egalisatiemortel uit te vlakken.

Tijdens het uitharden is het meestal niet nodig de wapeningen te ondersteunen.

1.2.2.2 SYSTEEM VEZELCOMPOSIT OP BASIS VAN VEZELWEEFSELS/SHEETS-EPOXYLIJM

Op het beton, dat voor dit systeem aan strengere vlakheidseisen moet voldoen (§ 0), wordt een laag-viskeuze lijm aangebracht in een vlakke laag, binnen 80% van de verwerkingstijd, die geldt voor de temperatuur tijdens de verwerking. De hoeveelheid lijm hangt af van het type weefsel/legsel. Daarna wordt het weefsel/legsel, binnen de open tijd van de lijm, volledig uitgestrekt in de lijm gedrukt met een geprofileerde rol, vertrekkende van één zijde of vanuit het midden naar de kanten, terwijl het creëren van luchtholtes vermeden wordt. Hierbij moet er op gelet worden dat het weefsel/legsel niet beschadigd wordt en strak gespannen wordt zonder plooiën en torsies. Indien meerdere lagen weefsel/legsel nodig zijn, wordt de procedure herhaald. De volgende laag wordt nat in nat op de vorige laag aangebracht binnen het tijdsvenster, aangegeven door de fabrikant. Er wordt afgesloten met een lijmlaag ter bescherming.

Indien een nieuwe laag dient aangebracht te worden op een uitgehard weefsel/legsel of op een laminaat, dan dient in de voorbereiding van dat oppervlak voldaan te worden aan de eisen voor de zuiverheid (§ 0) en de oneffenheid (§ 0).

Een maximum van 5 lagen kan op deze manier toegepast worden, tenzij anders vermeld in de technische fiche van de fabrikant [**Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**].

1.2.2.3 SYSTEEM STAALPLAAT-EPOXYLIJM

Op de staalplaat en in sommige gevallen ook op het beton wordt de lijm binnen 80% van de verwerkingstijd, die geldt voor de temperatuur tijdens de verwerking, aangebracht zodat in het midden een grotere laagdikte verkregen wordt dan aan de zijanten van de plaat. De plaat wordt binnen de open tijd van de lijm gelijkmatig tegen het beton gedrukt, zodat een continue lijmlaag verkregen wordt. Hierbij wordt de overtollige lijm langs de zijanten uitgeperst en verwijderd.

De staalplaten dienen ondersteund te worden met schoren of mechanisch verankerd (rekening houdend met de eventuele veroorzaakte vermindering in sectie) tot de lijm voldoende uitgehard is (afhankelijk van de gebruikte lijm en de omgevingsomstandigheden).

De dikte van de resulterende lijmlaag voldoet na aandrukken aan de specificaties van de fabrikant (ongeveer 1,5 tot 2,0 mm). Bij het aandrukken van de staalplaten moet ervoor gezorgd worden dat de concaviteit niet groter is dan 6 mm op de lat van 2 m [**Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**].

Bij het kruisen van platen wordt de lijmdikte geleidelijk aan verhoogd zodat de eisen voor de oneffenheid (Tabel 6) gerespecteerd worden. Meestal zal voorafgaandelijk egaliseren met mortel nodig zijn.

1.3 EXTRA VERANKERING

Een extra verankering kan nodig zijn om faalmechanismen, die te maken hebben met onthechting van de gelijmde wapening, te voorkomen [1]. Dit kan het geval zijn in zones met hoge dwarskrachten, waarbij de hechting van de uitwendige wapening enkel door verlijming onvoldoende is. Ook indien de benodigde verankeringslengte door verlijming niet beschikbaar is kan een extra verankering een oplossing leveren. Extra verankerungen kunnen ook toegepast worden in het geval van staalplaten indien een hogere weerstand tegen brand gewenst wordt.

Deze verankering kan o.a. worden voorzien door middel van

- ▶ Verbouting doorheen de gelijmde wapening (igv staalplaten);
- ▶ Verbouting langs de gelijmde wapening (igv gewone FRP, Figuur 19);
- ▶ Toepassing van gelijmde wapening (Bevepro C-Sheet UD) dwars op de hoofdwapening (Figuur 20). Eventueel kan de aangebrachte verankering deel uitmaken van de gelijmde dwarskrachtwapening.

Bij het verankeren dient men rekening te houden met de eventuele veroorzaakte vermindering in sectie. De dimensionering van de verankering zijn het voorwerp van een specifieke berekening. Wordt bepaald door de constructeur of hoofdconstructeur.



Figuur 3: Toepassen van extra verankering d.m.v. eindverankerings plaat over de gelijmde hoofdwapening, vastgezet met ankers naast de CFK-lamel



Figuur 4: Toepassen van extra verankering d.m.v. gelijmde wapening (C-Sheet UD) dwars op de gelijmde hoofdwapening

1.4 AFWERKING EN BESCHERMING

Bij het toepassen van een afwerking of bescherming (bv. bepleistering, beschildering) dient de verenigbaarheid met en de hechting op de uitwendige wapening geverifieerd te worden. Tijdens het aanbrengen mag de wapening en zijn hechting met het betonoppervlak niet beïnvloed worden (door bijvoorbeeld warmtebehandelingen). Zeker indien de gelijmde wapening

door de afwerking aan het zicht wordt onttrokken, dan dient hiermee rekening gehouden te worden bij het opstellen van het handboek voor onderhoud.

Staalplaten kunnen tegen corrosie beschermd worden door een anticorrosiebescherming toe te passen die voldoet aan de voorschriften van de norm NEN EN ISO 12944-5 (2007). De ontwerper dient eventuele bijkomende beschermingsmiddelen te voorzien tegen invloeden zoals hoge temperaturen, mechanische beschadiging, enz.

Bij gelijmde vezelcomposietwapeningen kan het nodig zijn voorzieningen te treffen tegen brand, UV-straling, vocht, mechanische schade,... Verschillende types van afwerking kunnen hiervoor gebruikt worden zoals verven, spuitbeton of beschermingspanelen.

Naast de bescherming van de gelijmde wapening dient men tevens oog te hebben voor degradatiemechanismen van de bestaande betonnen structuur (bv. carbonatatie, chloriden), die mogelijk versneld optreden op de plaatsen waar geen gelijmde wapening werd aangebracht. Wanneer het beton opvallend poreus is, kan de wateropsorping achteraf beperkt worden door het aanbrengen van een coating.

2. CONTROLE

De in het ontwerp en lastenboek vermelde aannames en procedures dienen strikt nageleefd te worden. In het project worden er controle momenten ingebouwd, tijdens en na de uitvoering. De resultaten van deze controles en de geuite opmerkingen worden opgenomen in het project dossier, en na goedkeuring kan verder gegaan worden met de werken.

2.1 CONTROLES VOOR DE UITVOERING

De producten worden geleverd met vermelding van volgende informatie (op de producten zelf of op de begeleidende documenten):

- Algemene gegevens (zoals de naam, type en functie van het product, de componenten van het product, naam en adres van de fabrikant, batch nummer en verval datum).
- De eigenschappen van de materialen. Deze werden door een onafhankelijk labo bepaald. Er vindt een kwaliteitscontrole plaats tijdens het productieproces opdat een constante kwaliteit van de geleverde producten kan gegarandeerd worden.
- Informatie over het manipuleren, vervoer, opslag en aanbrengen (zoals verwerkingstijd en "open tijd", de mengverhoudingen, mengvoorschriften, opslagcondities, aanbrengcondities, raadgevingen voor het aanbrengen, reinigingsproducten, droogtijd tussen primer en egalisatiemortel, enz.).
- Veiligheids- en gezondheidsgegevens (zoals: toxiciteit, ontvlambaarheid, omgevingsimpact, enz.).

Uitgaande van deze informatie worden de materialen goedgekeurd in functie van de eigenschappen, vermeld in de eisen van het ontwerp en de vooraf ter goedkeuring voorgelegde technische productinformatiebladen.

2.2 CONTROLE TIJDENS DE UITVOERING

2.2.1 CONTROLE OP DE ONDERGROND NA REINIGING EN HERSTELLING

De oppervlaktecohesie kan nagegaan worden door middel van hechtproeven en de effenheid kan gecontroleerd worden. Deze dienen te voldoen aan de minimeisen welke gesteld zijn door de ontwerper/constructeur en beschreven staan in de technische specificaties in het bestek.

2.2.2 CONTROLE OP DE VOORGESCHREVEN BELASTINGSCONDITIES

De efficiëntie van de gelijmde wapening hangt sterk af van de belasting condities waarin ze wordt aangebracht. Daarom kunnen in het ontwerp maatregelen voorzien zijn, zoals het stutten of opvijzelen van de constructie of het wegnemen van belasting. Deze maatregelen moeten nauwgezet gerespecteerd en gecontroleerd worden.

2.2.3 CONTROLE OP DE OMGEVINGSCONDITIES TIJDENS HET AANBRENGINGSPROCES

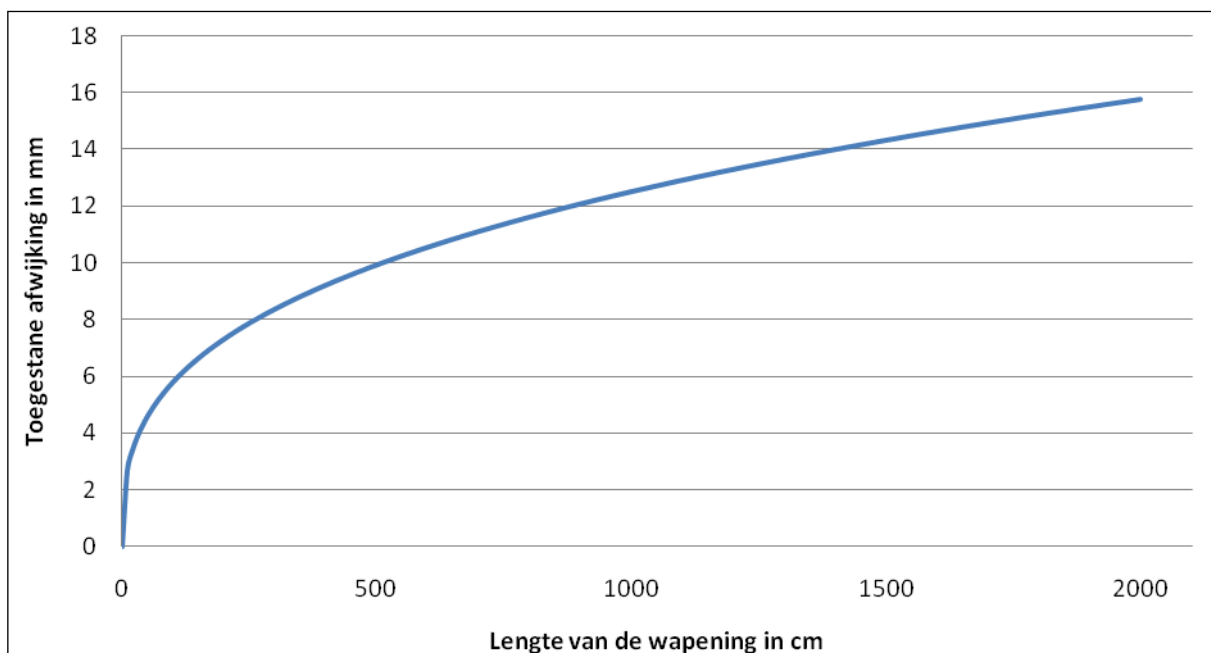
Bij de applicatie en uitharding van de gelijmde wapening dienen de omgevingscondities opgevolgd en genoteerd te worden. Wanneer deze zouden afwijken van de voorwaarden vermeld in het bestek c.q. productinformatieblad, dan dient hiermee rekening gehouden te worden. In die omstandigheden worden de uitharding en de hechting van de lijm namelijk negatief beïnvloedt. Men kan in dat geval

- ▶ een onderbreking inlassen van deze taken gedurende de periode waarin de voorwaarden niet voldoen;
- ▶ de omgevingscondities kunstmatig aanpassen door bijvoorbeeld het plaatsen van een verwarmde tent;
- ▶ materialen en systemen kiezen die wel aan de omgevingscondities voldoen. Dit dient steeds goedgekeurd te worden.

2.2.4 CONTROLE OP HET AANBRENGINGSPROCES

Men moet altijd controleren of;

- ▶ de lijm wordt gemengd volgens de informatie welke vermeld staat in het technische productinformatieblad;
- ▶ de lijm en wapening worden aangebracht volgens de informatie welke vermeld staat in het technische productinformatieblad, op de in het ontwerp voorziene plaats, aangeduid op het betonoppervlak. Bij eventuele (noodgedwongen) afwijkingen betreffende de ligging van de aan te brengen wapening dient te worden nagegaan of ze in die positie nog beantwoordt aan de rekenhypothese en dus de voorziene belastingen nog kan opnemen. Anderzijds zal men bij de opvatting minimaal rekening houden met volgende mogelijke afwijkingen op de plaatsing:
 - de toelaatbare afwijking op de positie van de wapening: ± 20 mm;
 - de toelaatbare afwijking op de tussenafstand tussen twee aanliggende stroken wapening: ± 25 mm;
 - de toelaatbare afwijking op de uitlijning van de wapening ten opzichte van de referentie-as: Deze wordt berekend aan de hand van de formule: $\left[\frac{10}{8} \sqrt[3]{Lengte \text{ in cm}}\right]$ uitgedrukt in mm (Lengte wapening).
 - de toelaatbare afwijking op de vlakheid: Hiervoor gelden dezelfde eisen als voor de ondergrond behalve voor het systeem staalplaat-epoxylijm: 6 mm / 2 m. De meting van de vlakheid geschiedt zoals eerder beschreven.



Figuur 5: Tolerantie op de uitlijning van de wapening ten opzichte van de referentie-as

Grotere afwijkingen op de ligging en de tussenafstand van de aangebrachte wapeningen kunnen ontstaan wanneer men tijdens de uitvoering obstakels of ongeschikte zones in de ondergrond wenst te ontwijken. Deze afwijkingen dienen voorafgaandelijk met de ontwerper/constructeurs/Ingenieursbureau te worden overeengekomen.

- de correcte hoeveelheid lagen worden toegepast in de voorgeschreven oriëntatie en volgorde (in geval van het systeem vezelcomposiet op basis van vezelweefsels/sheets-epoxylijm);

2.3 CONTROLE NA UITVOERING

De kwaliteit van de hechting van de aangebrachte gelijmde wapening op de betonnen ondergrond kan gecontroleerd worden door middel van niet- en gedeeltelijk-destructieve proeven. In het geval dat de bijdrage van de hechting aan de krachtenoverdracht tussen gelijmde wapening en het beton verwaarloosbaar is (vb. bij het omwikkelen van kolommen) kan dit onnodig zijn.

Het gebruik van niet-destructieve proeven krijgt de voorkeur voor gebieden waar de wapening als fundamenteel wordt beschouwd of indien het versterkte oppervlak klein is in verhouding met het oppervlak dat beschadigd zou worden.

Er kunnen ook afzonderlijke testzones voorzien worden waarop gedeeltelijk-destructieve proeven uitgevoerd kunnen worden. Opdat de verkregen resultaten representatief zouden zijn voor het geleverde werk, dient de toepassing in deze testzone in identieke omstandigheden en op dezelfde manier te gebeuren als in de eigenlijke toepassingszone.

2.3.1 LUCHTBELLEN EN NIET-HECHTENDE ZONES

Hoewel bij de verlijming vanzelfsprekend steeds een volvlakkige hechting wordt nagestreefd, kan men afhankelijk van het aangewende systeem, de vlakheid van de ondergrond en de uitvoeringsomstandigheden niet steeds vermijden dat plaatselijk kleine luchtinsluitels ontstaan. De aanwezigheid van luchtholtes in de lijmlaag en niet-hechtende zones kan nagegaan worden door middel van volgende niet-destructieve proeven (niet-limitatief):

- *Visuele inspectie:* Bij een goede verlijming wordt steeds een overmaat aan lijm aan de zijanten van de aangebrachte wapening uitgeperst en verwijderd. Aan de rand van de gelijmde wapening dienen de wapening, de lijmlaag en het betonoppervlak dus goed met elkaar aan te sluiten.
- *Afkloppen:* Door de gelijmde wapening zachtjes met een stalen staaf met diameter van 5 mm en een afgeronde tip te afkloppen kunnen luchtholtes en niet-hechtende zones gelokaliseerd worden aan de hand van de toonverschillen.
- *Ultrasonische technieken:* Het scheidingsvlak gelijmde wapening/betonoppervlak wordt gescand met hoge frequentie ultrasone geluidssignalen volgens het principe van impuls-echo. Holtes leveren echo's op die verschillen van een verlijming van goede kwaliteit. Deze techniek kan echter enkel op een glad oppervlak worden uitgevoerd en de interpretatie van de resultaten dient te gebeuren door specialisten. In de buurt van hoeken geeft deze techniek minder betrouwbare resultaten. Deze proef is erg tijdrovend en daarom enkel aan te raden in gebieden waar de hechtsterkte kritiek is.
- *Ultrasonische doorstraal techniek:* Een laagfrequent ultrasoon geluidssignaal wordt loodrecht op de versterkte oppervlakte uitgestuurd en terug opgevangen aan de achterzijde van het betonelement. Deze techniek vereist een goede bereikbaarheid van zowel de versterkte als de tegenoverliggende zijde van het betonelement. Ze is nog meer tijdrovend dan de voorgaande methode en dus slechts in specifieke omstandigheden te gebruiken.
- *Thermografie:* Het te testen oppervlak moet thermisch in evenwicht zijn voor de toepassing van deze proef. Een homogene opwarming of afkoeling wordt toegepast op het vrije oppervlak van de gelijmde wapening terwijl de oppervlaktetemperatuur wordt opgenomen d.m.v. een infrarood afbeeldingssysteem. Onvolmaaktheden in de verlijming komen als koude of warme spots tevoorschijn. Deze techniek is niet geschikt voor gelijmde wapening, aangebracht in dikke lagen en met materialen met een goede thermische geleidende zoals staal en koolstofvezelcomposieten.

Verder mag het contactoppervlak in een willekeurige sectie, gemeten dwars op de wapeningslaag, met niet meer dan 10% verkleind worden. In de eindverankeringszone is een kwaliteitsvolle verlijming nog belangrijker.

Systeem	Prefab vezelcomposiet-epoxylijm	Vezelcomposiet op basis van vezelweefsels/sheets-epoxylijm	Staalplaat-epoxylijm
Minimaal contactoppervlak	90 % (1)	90 %	80 % (1)

(1) Wanneer de lijm zowel op de wapening als op het beton wordt aangebracht kan een hoger contactoppervlak bereikt worden (tot 100 %).

Bij vaststelling van te veel en/of te grote holtes in de lijmlaag, dient de gelijmde wapening verwijderd te worden en dient een nieuw systeem geplaatst te worden. Een andere mogelijkheid is het injecteren van de luchtholtes met een compatibele hars, waarbij rekening wordt gehouden met de eventuele negatieve gevolgen hiervan zodat de ontwerpvoorwaarden gerespecteerd blijven.

2.3.2 HECHTSTERKTE

De hechtsterkte kan nagegaan worden d.m.v. de afbreekproef ("pull-off") na 3 en/of 7 dagen, indien mogelijk met minstens drie proeven. Met een diamant boor (diameter 5 cm) wordt door de wapening en de lijm heen geboord tot ongeveer 5 mm in het beton. Vervolgens wordt hierop een metalen pastille gekleefd waarmee de afbreekproef kan worden uitgevoerd volgens de norm NEN EN 1542. / Cur aanbeveling 20

Bepaling van de hechtsterkte geschiedt om te bepalen of de aangebrachte materialen voldoen aan de vooraf gestelde eisen.

Het verdient aanbeveling voorafgaand aan het aanbrengen, na sanering, de ondergrond te beproeven op **potentiële** hechtsterkte. Dit om de volgende redenen:

- Om te voorkomen dat achteraf wordt geconstateerd dat de ondergrond de beperkende factor is.
- Om voorafgaand aan het uitvoeren van de reparatie nog aanvullende saneringsmaatregelen te kunnen nemen, zodat de ondergrond alsnog voldoet aan de gestelde eisen (of aan te tonen dat er aan de ondergrond slechts een beperkte eis kan worden gesteld).

Het bepalen van de hechtsterkte geschiedt conform CUR-Aanbeveling 20 'Bepaling van de hechtsterkte van mortels op beton' of NEN-EN 1542 (1999) Producten en systemen voor de bescherming en reparatie van betonconstructies - Beproevingmethoden - Bepaling van de hechtsterkte door middel van de afbreekproef. Uitvoering geschiedt met behulp van dolly's $\varnothing$ 50 mm en een hechtsterkteapparaat dat de hechting weergeeft in kN of N/mm².

Aanverwante norm: CUR-Aanbeveling 118 'Specialistische instandhoudingstechnieken – repareren van beton'.

De verkregen waarden dienen vergeleken te worden met de eisen in het ontwerp en het bestek. De gemiddelde hechtsterkte in de verschillende testzones mag niet lager zijn dan 1,5 N/mm².



Figuur 6: Controle van de hechtsterkte d.m.v. de afbreekproef op afzonderlijke testzones

2.4 RICHTLIJNEN VOOR TOEKOMSTIG GEBRUIK EN ONDERHOUD

Een dossier dient conform de norm NEN EN 1504-9 opgesteld te worden, waarin de procedures voor inspectie en het onderhoud van de herstelde en versterkte structuur vermeld worden. Dit dossier wordt aan de opdrachtgever/eigenaar overhandigd na de oplevering van het werk.

Het is belangrijk de toegepaste gelijmde wapening als essentieel onderdeel te beschouwen voor de stabiliteit van de nieuw gecreëerde constructie. Alle handelingen die de werking van de gelijmde wapening zouden kunnen beïnvloeden (bv het doorboren of doorsnijden, het in contact komen met water of het lassen op staalplaten), moeten bijgevolg te allen tijde

vermeden worden. Dit geldt in het bijzonder wanneer de gelijmde wapening aan het zicht onttrokken wordt door nadien aangebrachte afwerkingslagen.

3 Certificatie

Met het verschijnen van de Europese productnormenreeks EN 1504 moeten de producten die gebruikt worden voor het herstellen en beschermen van beton CE-gemarkeerd zijn (i.e. drager zijn van het CE-label), teneinde op de Europese markt verhandeld te mogen worden. Aangezien ook voor de te gebruiken lijmen van een gelijmde wapening een productnorm werd uitgeschreven, moeten ook deze bouwproducten imperatief het CE-label dragen. De desbetreffende productnorm is de NEN EN 1504-4 en deze maakt dat op de te gebruiken lijmen de CE-markering verplicht is vanaf 1 januari 2009.

In Nederland wordt de Cur-aanbeveling 21 nog geaccepteerd en het is wachten op de Europese Norm (conform de Eurocode) waar hard aan wordt gewerkt maar nog niet gereed is.

De lijmen en de te verlijmen elementen dienen als een systeem gezien te worden. In Duitsland bijvoorbeeld wordt hiervoor de Allgemeine Bauaufsichtliche Zulassung gevolgd. In België kunnen fabrikanten op deze systemen een ATG aanvragen bij de BUTgb (Belgische Unie voor de technische goedkeuringen in de bouw – www.butgb.be). Een dergelijke ATG dient gezien te worden als een gebruiksgeschiktheidsonderzoek en beschrijft en evalueert het systeem in zijn toepassing. Hiervoor wordt gewerkt volgens de richtlijnen beschreven in de Goedkeuringsleidraad G0026. Een ATG gaat gepaard met certificatie, wat betekent dat een extern en onafhankelijk organisme erop toeziet dat het product en/of systeem voldoet aan de eisen beschreven in de inherente goedkeuringsleidraad en dat de producten en/of systemen nadien conform blijven met deze opgelegde eisen onder toezichtsregime. Door certificatie is het niet langer een noodzakelijkheid dat de eindgebruiker op de bouwplaats stelselmatig de eigenschappen van deze producten en/of systemen dient te keuren.

Teneinde de kwaliteitsketen compleet te maken kunnen uitvoeringsbedrijven onderworpen worden aan een Procescertificatie. Hierbij worden op regelmatige tijdstippen de competentie en de middelen van de uitvoeringsbedrijven geëvalueerd aan de hand van audits, werfbezoeken, proeven in situ en dergelijke meer.

Alleen door dezelfde hoge kwaliteitseisen te stellen aan de verschillende partijen betrokken bij een betonherstelling, kan een hoge kwaliteit van het eindresultaat behaald worden.

4 SPECIALE AANDACHTSPUNTEN BIJ ONTWERP

4.1 ALGEMEEN

De duurzaamheid van zowel beton als van de materialen die gebruikt worden voor uitwendige wapeningen is goed gedocumenteerd. Toch dient aandacht besteed te worden aan het gedrag op langere termijn van de combinatie van beiden.

De lijmlaag tussen de externe wapening en het beton is het kritieke onderdeel met betrekking tot de doeltreffendheid van de gerealiseerde versterkingen aangezien daar de composietwerking wordt gerealiseerd. De hechting wordt beïnvloed door de toestand van de bestaande betonstructuur, de voorbereiding van het betonoppervlak en de aan te brengen wapening, de zorg waarmee het aanbrengen plaatsvindt, de kwaliteit van de externe wapening zelf en de duurzaamheid van de lijm.

Ontwerpregels zijn in het algemeen voor de constructeur en niet voor de verwerker van de externe lijmwapening. Toch worden in volgende paragrafen enkele aandachtspunten besproken die van belang kunnen zijn bij het ontwerp.

4.2 TEMPERATUURSEFFECTEN

4.2.1 GLASOVERGANGSTEMPERATUUR

De glasovergangstemperatuur (T_g) is de temperatuur waarboven een verharde epoxylijm overgaat van een elastische, glasachtige toestand naar een rubberachtige toestand met sterk verminderde mechanische eigenschappen. Deze situeert zich, afhankelijk van de gebruikte lijmsort, tussen 50 en 70 °C. Bij de basistechniek van gelijmde wapening wordt epoxylijm gebruikt in alle beschouwde systemen, zowel voor de verlijming als voor de impregnatie van de vezels. Hierom dient de maximale gebruikstemperatuur in omgevingen waar gelijmde wapening wordt toegepast beperkt te worden, rekening houdend met de glasovergangstemperatuur.

T_g kan variëren in de tijd onder invloed van de omgevingsomstandigheden. Blootstellingen aan hogere temperaturen (maar nog steeds lager dan T_g) gelden als een nabehandeling van het materiaal en zullen de T_g verhogen. Absorptie van vocht zal de T_g echter verlagen.

De glasovergangstemperatuur van epoxylijmen, gebruikt voor de toepassing van gelijmde wapeningen, dient door de fabrikant meegedeeld te worden en moet voldoen aan de eisen.

4.2.2 BRANDBESCHERMING

Zonder bijkomende maatregelen zal, in geval van brand, de temperatuur aan de gelijmde wapening snel oplopen tot waarden boven de glasovergangstemperatuur. Hierbij zal de verlijming falen en zal de aangebrachte externe wapening loskomen.

In voorkomend geval dient de brandbestendigheid van de structuur afzonderlijk berekend te worden. Belasting bij brand wordt beschouwd als accidentele belasting. Wanneer de structuur deze belasting ook zonder de gelijmde wapening kan dragen is een extra brandbescherming van de versterking niet vereist. Mogelijk is een extra brandbescherming van de volledige structuur toch nodig.

Gelijmde wapening kan tegen brand beschermd worden o.a. door het aanbrengen van thermische isolatie/cementgebonden spuitmortel/brandwerende mortel of d.m.v. beplaten rondom de gelijmde wapening. Men kan ook het falen van de gelijmde wapening uitstellen door een mechanische verankering.

4.2.3 VORST-DOOI

Beton kan gescheurd zijn vòòr de toepassing van gelijmde wapening en de lijmlaag kan holtes bevatten. De expansie van water in deze scheuren en holtes ten gevolge van vorst zou onthechting van de gelijmde wapening kunnen veroorzaken.

Het vorst-dooi gedrag van met gelijmde wapening versterkte elementen werd uitvoerig onderzocht. Er wordt echter geen eenduidig beeld verkregen. In ieder geval wijzigt het aanbrengen van gelijmde wapening op een betonnen element de waterhuishouding hiervan, wat een nadelig effect kan hebben op de weerstand tegen vorst.

4.2.4 HECHTING BIJ HOGE EN LAGE TEMPERATUREN

Bij belasting van met vezelcomposiet versterkte elementen bij hoge (maar nog steeds lager dan T_g) en lage (tot -100 °C) temperaturen stelt men een verschil vast in hechtsterkte en in de manier van falen. Bij hoge temperaturen zal eerder de verlijming falen, terwijl dit bij lage temperaturen eerder het vezelcomposiet zelf is.

4.3 VOCHT

Vocht is een parameter die de levensduur van bijna alle structurele materialen nadelig beïnvloedt.

Door het aanbrengen van gelijmde wapening op een betonnen structuur verhoogt men plaatselijk de interne poriëndruk door het beton af te sluiten. Om de interne vochthuishouding in het beton niet te sterk te verstoren kan het nodig zijn voldoende ruimte te voorzien tussen de verschillende stroken gelijmde wapening.

De epoxylijm, gebruikt bij de verlijming en/of impregnatie van gelijmde wapening, absorbeert vocht (maximaal 3 % van het gewicht, afhankelijk van de watertemperatuur). Waterabsorptie resulteert in een afname van de glasovergangstemperatuur en een toename van de stijfheid van de matrix (beide effecten zijn deels omkeerbaar bij droging). Bovendien kunnen vezelcomposieten met glas- en aramidevezels beschadigd worden indien het vocht tot bij de vezels dringt (doorheen scheuren en holtes in de structuur, diffusie door de matrix, capillaire werking langs de vezels). Koolstofvezels gedragen zich echter relatief inert in aanwezigheid van water.

Bij het systeem staalplaten-epoxylijm dienen de stalen platen beschermd te worden tegen corrosie met een corrosiebescherming volgens de norm NEN EN ISO 12944.

Vochtindringing ter hoogte van het lijmvlak en op de gelijmde wapening dient bijgevolg vermeden te worden en onmiddellijk gecorrigeerd te worden indien dit zich toch zou voordoen.

4.4 BLOOTSTELLING AAN UV-LICHT

4.4.1 ALGEMEEN

Polymeren, waaronder epoxy, ondergaan een degradatie als ze blootgesteld worden aan UV-A en UV-B- straling. De straling kan leiden tot een wijziging van de doorzichtigheid en kleur van de epoxylijm/-hars, maar ook van de mechanische eigenschappen ervan. Zo worden ze gevoeliger voor scheurvorming.

Bij de vezels ondervinden enkel aramidevezels een geringe invloed van de straling. Glas- en koolstofvezels worden niet merkbaar beïnvloed door UV-licht.

Eigenschappen van vezelcomposieten, die bepaald worden door de vezels zoals trek- en buigsterkte, vertonen slechts een kleine invloed van UV-straling. De matrix-bepaalde eigenschappen, zoals de weerstand tegen afschuiving, worden echter wel sterk beïnvloed.

4.4.2 BESCHERMING

De meeste voorschriften voor het aanbrengen van vezelcomposietwapeningen bevatten het aanbrengen van een verf op basis van acryl of polyurethaan, als bescherming tegen UV-licht. Deze verf wordt best aangebracht wanneer de hars nog plakkerig is bij het aanraken (systeem vezelcomposiet op basis van weefsels/sheets-epoxylijm) of na het opruwen van het oppervlak. Een licht gekleurde verf (wit of betongrijs) zal bovendien ook de warmte reflecteren.

4.5 ALKALISCH EN ZUUR MILIEU

Koolstofvezels zijn resistent tegen alkalische en zure milieus. Glasvezels daarentegen degraderen in alkalische omgevingen. Een dichte omhulling van de glasvezels door een hars kan ze wel beschermen, maar in agressieve milieus raadt men toch het gebruik van systemen met koolstofvezels aan.

4.6 KRUIP EN ANDERE TIJDSASPECTEN

In tegenstelling tot de verwaarloosbare kruip in CFRP en GFRP, kan het krimpgedrag van AFRP niet genegeerd worden. Kruip in staalplaten treedt op bij hogere temperaturen, maar is minder relevant omdat bij deze temperaturen de lijmlaag reeds gefaald is.

Aangezien de uitwendig gelijmde wapening in de meeste gevallen geen of verwaarloosbare kruip vertoont, worden de tijdsafhankelijke vervormingen van een betonnen element, dat versterkt is met externe wapening, bepaald door het krimpgedrag van de betonzone in druk. Indien krimpvervormingen optreden, moet hiermee rekening gehouden worden bij de controle van de gebruiksgrenstoestand, zoals aangegeven in de Eurocode. Kruip is echter zelden een bepalende factor in het ontwerp van een versterking met uitwendig gelijmde wapening, behalve in het geval van versterking van relatief recente structuren, waar nog wezenlijke krimp- en krimpvormingen kunnen verwacht worden.

Een tweede belangrijk tijdsaspect betreft het gedrag van glasvezels onder aanhoudende belastingen. De treksterkte van GFRP kan dalen tot zeer lage waardes (tot amper 20 % van de oorspronkelijke sterkte) onder permanente belasting.

Wegens het krimpgedrag van AFRP en de mogelijke spanningsbreuk in GFRP, is CFRP de beste keuze indien de gelijmde wapening grote, permanente belastingen moeten opvangen.

4.7 VERMOEIING

Vezelcomposieten vertonen een grotere weerstand tegen vermoeiing dan staal. De dominerende factor voor vermoeiing van met vezelcomposiet versterkte balken is het vermoeiing gedrag van de inwendige stalen wapening. Er wordt dus aangeraden om bij het ontwerp dezelfde beperkingen voor het spanningsbereik in de inwendige wapening op te leggen als bij het niet-versterkte element. De externe wapening heeft een eerder positief effect op de vermoeiingsweerstand van de elementen.

4.8 IMPACT

Studies hebben aangetoond dat betonnen elementen, versterkt met gelijmde wapening, in de meeste gevallen een verhoogde impactweerstand vertonen. Bijkomende verankeringen aan de uiteinden van de gelijmde wapeningen zouden vroegtijdige onthechtingen kunnen voorkomen en de impactweerstand van de versterkte elementen nog vergroten.

Koolstof- en glasvezels op zich zijn vrij kwetsbaar en kunnen bij rechtstreekse impact beschadigd worden. Aramidevezels zijn hiertegen beter bestand.