

STUBECO

Ingelijmde staven als stekwapening

Studiecel B06-2

Datum: 29 januari 2020

Status: Definitief

Ingelijmde staven als stekwapening

Stubeco-studiecel B 06-2

- Koko-coördinator:	ir. Rob Cornelis	Hakron Nunspeet B.V.
- Voorzitter:	ir. Marjan Vos-Pols	Hilti Nederland B.V.
- Secretaris:	Fred Gast	
- Lid:	Gerard van den Berg	Mobilis / TBI
- Lid:	ing. Nick Nass	Mobilis / TBI
- Lid:	Frans Jansen	B+BTec B.V.
- Lid:	ing. Fabian de Vos	Hilti Nederland B.V.

De Studievereniging Uitvoering Betonconstructies (Stubeco) en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben een zo groot mogelijke zorgvuldigheid betracht bij het verwerken van de in deze publicatie vervatte gegevens. Nochtans moet niet de mogelijkheid worden uitgesloten dat er zich toch onjuistheden in deze publicatie kunnen bevinden. Degene die van deze publicatie gebruik maakt, aanvaardt daarvan het risico. De Stubeco sluit, mede ten behoeve van al degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van deze gegevens.

Gehele of gedeeltelijke overname van de inhoud is alleen toegestaan met schriftelijke toestemming van het Stubeco-bestuur.

*Deze publicatie is verkrijgbaar bij:
Stubeco, Büchnerweg 3, Postbus 411, 2800 AK Gouda
Tel.nr. (0182) 53 92 33, fax (0182) 53 75 10
E-mail: info@stubeco.nl - website: www.stubeco.nl*

Inhoudsopgave

1	Voorwoord	5
2	Inleiding	6
2.1	Factoren	6
2.2	Aspecten	6
3	Berekening - Verschillen tussen korte constructieve ankers en ingelijmde stekwapening	8
3.1	Definitie begrippen gebruikt in dit rapport	8
3.2	Inleiding	8
3.2.1	<i>Trek op ankers</i>	8
3.2.2	<i>Afschuiving op stekken</i>	9
3.2.3	<i>Conclusie m.b.t. definitief korte-/ lange ankertheorie</i>	10
3.3	Constructieve overwegingen	10
3.4	Brand	12
3.5	Vermoeiing	12
3.6	Aardbevingen	12
3.7	Levensduur	13
4	Gaten	14
4.1	Diamant	14
4.2	Hardmetaal	14
4.3	Lucht	14
4.4	Gaten met gains	15
5	Lijmmateriaal	16
6	Stekwapening	17
6.1	Wapeningsstaal of draadeind	17
6.2	Ingelijmde wapening overlappen met reeds aanwezige wapening	18
7	Uitvoering	19
7.1	Arbeidsomstandigheden	19
7.2	Opruwen van boorgaten	19
7.3	Reinigen van stekken en boorgaten	20
7.4	Inbrengen van de lijm	20
7.5	Relatie diameter wapeningsstek/boorgat	20
7.6	Weersinvloeden en onderwaterverlijmingen	21
7.7	Kwaliteitsborging	21
7.8	Milieubelasting	22

8	Kostenaspecten	23
9	Besteks- en contractbepalingen	24
9.1	Besteksbepalingen	24
9.2	Contractbepalingen	24
9.3	Controle en beproeving	24
10	Literatuurlijst	25
11	Bijlage 1 – Overzicht systemen en mogelijkheden	26

1 Voorwoord

Begin 1982 werd door de Stubeco besloten haar studiegebied te verruimen door ook de wapening van betonconstructies in studies te betrekken. Studiecel 26 is ingesteld om te komen tot een zowel kwalitatief als economisch verantwoorde uitvoeringsmethode voor het inlijmen van stekwapening. In 1986 heeft deze cel haar werkzaamheden afgesloten en is haar verslag uitgegeven als een interne publicatie van de Stubeco.

In 2000 werd binnen de Stubeco de wens geuit om de “oude” publicatie te herzien: materialen zijn verbeterd, methoden aangepast en de berekeningsmethoden waren duidelijk veranderd.

Aan studiecel B-06 werd de volgende opdracht meegegeven:

- Beoordeel de actualiteit van de publicatie uit 1986
- Bestudeer recente publicaties en studies m.b.t. ingelijmde staven als stekwapening

Het rapport van deze studiecel is in definitieve versie verschenen in maart 2003.

Vervolgens is er in de afgelopen tijdperiode veel veranderd op het gebied van normen, voorschriften, toepassingen en ervaringen. Studiecel B06-2 (de opvolger van studiecel B06) geeft inzicht in de huidige status van deze toepassingen, hoofdzakelijk in het koppelen van nieuwe aan bestaande betonconstructies. Eurocodes, veiligheidsfactoren en nieuwe technieken kunnen grote invloed hebben.

Dit nieuwe rapport is eigenlijk niets meer of minder dan een kritische herziening, tekstueel en inhoudelijk, met als hoofddoel om het onderwerp weer duidelijk in kaart te brengen, de laatste stand ter techniek en normering te verwerken en de mogelijkheden beter onder de aandacht te brengen.

Studiecel B06-2 is als volgt samengesteld:

- Gerard van den Berg Mobilis - TBI
- Rob Cornelis (mentor) Hakron Nunspeet B.V.
- Fred Gast
- Frans Jansen B+BTec B.V.
- Nick Nass Mobilis - TBI
- Fabian de Vos Hilti Nederland B.V.
- Marjan Vos-Pols (voorzitter) Hilti Nederland B.V.

Deze publicatie is in 2020 uitgegeven als interne publicatie van Stubeco.

2 Inleiding

Ingelijmde staven als stekwapening kunnen om een viertal redenen worden toegepast:

- het wijzigen/uitbreiden van bestaande betonconstructies;
- het doorkoppelen van wapening ter plaatse van stortnaden;
- als vergeten is om stekken in te storten;
- om beschadigde stekken te vervangen.

Kenmerk van deze methode met ingelijmde stekken is, dat de belastingen diep in de bestaande betonconstructie worden overgebracht. Voor elke stek boort men een gat in de bestaande betonconstructie. In dit gat brengt men een lijm mortel aan. Daarna wordt de stek of staaf in het gat geplaatst.

Het zal duidelijk zijn dat de lijmverbinding in principe minstens even sterk zal moeten zijn als de staalsterkte van de wapeningsstek.

2.1 Factoren

De volgende factoren spelen een rol bij de belastingoverdracht van staal naar beton:

- de staalkwaliteit,
- de profilering van het staal,
- het toegepaste bindmiddel,
- het gat in het beton, met de elementen:
 - diameter,
 - lengte,
 - structuur van de wand van het boorgat,
 - vochtigheid,
- de betonkwaliteit van de ondergrond,
- optredende betontemperatuur.

Al deze factoren zullen in deze publicatie aan de orde komen.

2.2 Aspecten

In dit rapport wordt ook een aantal andere aspecten behandeld:

- Constructie:
 - belastbaarheid van de diverse systemen,
 - wijze van belastingoverdracht aan het beton,
 - soorten stekwapening,
 - agressieve stoffen.
- Organisatie:
 - toepassingsgebied,
 - tijdstip van aanbrengen en belasten,
 - kostenaspect.
- Uitvoering:
 - wijze van aanbrengen,
 - invloed van vocht en vuil,
 - plaatsingsnauwkeurigheid,
 - arbeidsomstandigheden.
- Besteksbepalingen.

Voor alle types mortels geldt dat men de gebruiksaanwijzing van de leverancier moet raadplegen. Een eenduidige en voor alle systemen bruikbare tabel met diameters en verankeringsdieptes is door de diversiteit niet te geven. In Bijlage 1 wordt een vereenvoudigd overzicht gegeven van de lijmsystemen met een aantal hoofdkenmerken om een eerste keuze te kunnen maken voor het ankersysteem.

3 Berekening - Verschillen tussen korte constructieve ankers en ingelijmde stekwapening

3.1 Definitie begrippen gebruikt in dit rapport

- Korte constructieve ankers:
lijmankers die volgens Eurocode 2, deel 4 (NEN-EN 1992-4: 2018) worden berekend. Voorheen: ETAG 001 / EAD 330232-00-0601 Annex C en Technical Report TR029. Op het moment van verschijnen van dit rapport maakt Eurocode 2, deel 4 overigens nog niet formeel deel uit van het Bouwbesluit. De ROK (Rijkswaterstaat) verwijst overigens naar een voorlopige voornorm hiervan: NVN-CEN/TS 1992-4.
- Korte-anker-theorie:
beschreven in Eurocode 2, deel 4. Voorheen: ETAG 001 / EAD 330232-00-0601 Annex C en TR029.
- Ingelijmde wapening:
lijmankers die volgens Eurocode 2 voor ingestorte wapening in combinatie met Technical Report TR023 worden berekend.
- Wapeningstheorie:
lijmankers volgens Eurocode 2 voor ingestorte wapening in combinatie met TR023. Deze TR023 maakt geen deel uit van Eurocode 2, deel 4.

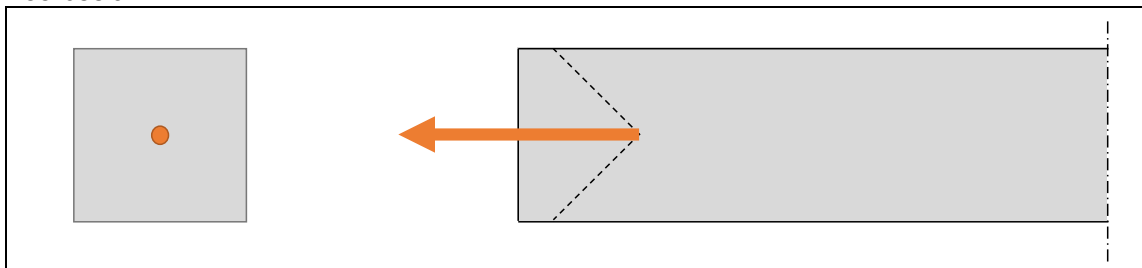
De VBC 1995, en in het bijzonder paragraaf 9.16, en CUR-Aanbeveling 25 zijn vervallen.

3.2 Inleiding

De titel van dit rapport luidt: “*Ingelijmde staven als stekwapening*”. De studiecel B06-2 heeft zich dus beperkt tot dit onderwerp. Maar wanneer is een lijmanker nu een constructief kort anker en wanneer een ingelijmde wapeningsstek? In het verleden is er sprake geweest over de begrenzing van $20 \times$ diameter. Kortere verankeringsdieptes dan $20 \times$ diameter waren korte ankers en konden met de toenmalige CUR-Aanbeveling 25 worden berekend. Langere ankers werden berekend met de wapeningstheorie. Een grens aan de verankeringsdiepte is echter geen goed criterium voor dit onderscheid. *Waar gaat de uiteindelijke trekkracht op het anker naar toe en hoe wordt deze verder in de constructie opgenomen?* is een veel belangrijker vraag.

3.2.1 Trek op ankers

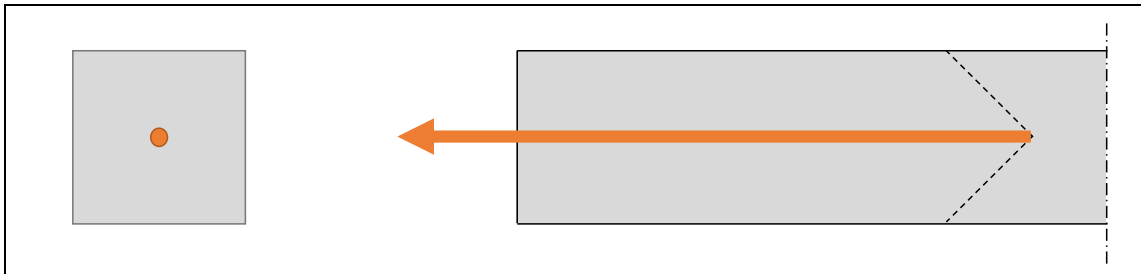
Voorbeeld:



Figuur 1.

Zie figuur 1. Stel: men moet bepalen wat de maximale treklast is die kan worden opgenomen in bovenstaande ongewapende constructie. Men kan dit uitrekenen met de korte ankertheorie. Hierbij

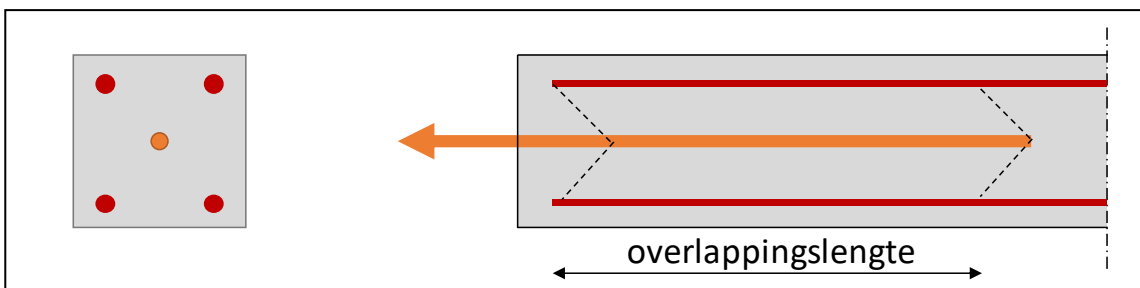
zullen de randafstanden een maatgevende rol spelen. Deze randafstanden zorgen ervoor dat het korte anker een lagere sterkte heeft dan wanneer datzelfde anker op dezelfde diepte geplaatst wordt zonder invloed van randafstanden.



Figuur 2.

Nu dezelfde vraag waarbij het anker op $30 \times \text{diameter}$ wordt geplaatst. Zie figuur 2. Het bezwijkmechanisme zal exact hetzelfde zijn, alleen dan op een lagere hoogte in de constructie. De op te nemen last zal gelijk zijn.

Natuurlijk zijn betonconstructies gewapend. Zie figuur 3.

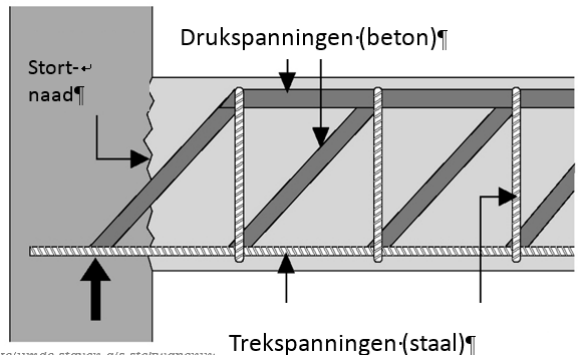


Figuur 3.

Stel, er bevindt zich een wapeningsstek in elke hoek van de balk. De sterkte van dit lijmankeer kunnen we daarmee verhogen, want immers de betonkegel wordt “vastgehouden”. De toetsing van dit “vasthouden van de betonkegel” wordt verricht door het maken van een overlappingslas-berekening van de ingelijmde staaf met de aanwezige wapening in de hoeken van de constructie. Hier zal later in dit rapport op worden teruggekomen. De drukdiagonalen veroorzaken onder een hoek dwarse trek. Dit moet aantoonbaar door betontrekspanningen of wapening kunnen worden opgenomen.

3.2.2 Afschuiving op stekken

Ingelijmde stekken berekend als wapening voor het verbinden van beton met beton nemen zelf geen afschuiving op. De afschuiving wordt opgenomen door het vormen van een drukdiagonaal door het aansluitvlak heen. Zie figuur 4.



Figuur 4.

Deze drukdiagonaal kan zich vormen doordat het aansluitvlak ruw is gemaakt (te toetsen volgens NEN-EN 1992-1-1, art. 6.2.5). De drukdiagonaal kan ontbonden worden in een trekkracht die weer opgeteld kan worden bij een eventuele zuivere trekkracht. Dus de afschuiving wordt als ontbondene treklast opgenomen door de ingelijmde wapening, met inachtneming van verschuiving van de momentenlijn. Als zich een (toevallige) inklemming vormt is ook aan de bovenzijde wapening nodig.

Natuurlijk kan de ingelijmde stek wel afschuiving opnemen, maar deze werkt pas als de stek ook vervormt en er dus scheurvorming in het aansluitvlak heeft plaatsgevonden.

Voor het bevestigen van staalconstructies die onder afschuiving worden belast, dient per definitie met de korte ankertheorie te worden gerekend. De optredende treklast kan in dit geval onder voorwaarden nog wel met wapeningstheorie worden berekend.

3.2.3 Conclusie m.b.t. definitie korte-/ lange ankertheorie

De voorgaande voorbeelden geven aan dat:

1. De vuistregel van het onderscheid van korte betonankers en ingelijmde wapeningstekken van $20 \times \text{diameter}$ geen basis heeft.
2. Men zal ten allen tijde moeten nagaan hoe de krachtswerking verloopt van de optredende lasten op het anker.
3. Een anker met een afschuiflast vanuit een staalconstructie is per definitie een kort anker.

3.3 Constructieve overwegingen

In de vorige paragraaf is toegelicht dat eerst moet worden bepaald of volgens de korte ankertheorie (Eurocode 2, deel 4) mag worden gerekend of dat het volgens de wapeningstheorie moet worden berekend.

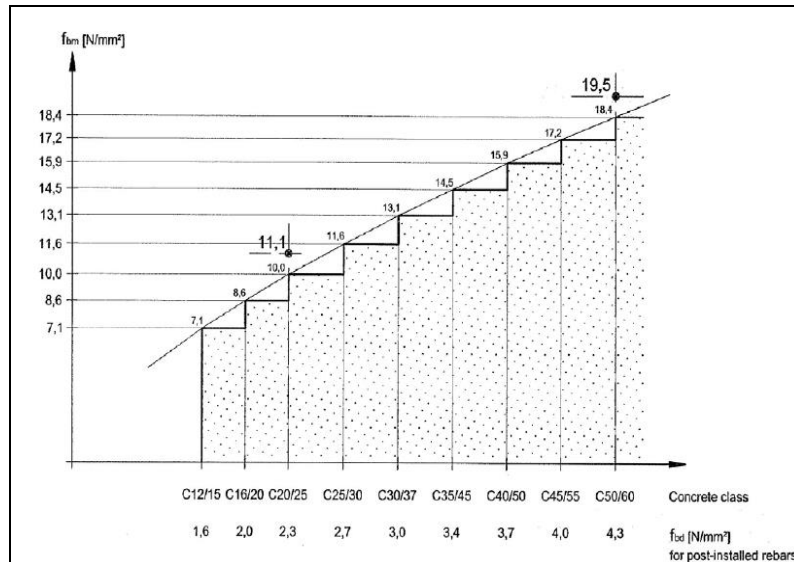
In het eerste geval kan gerekend worden met diverse softwarepakketten die door de leveranciers worden aangereikt.

In het tweede geval dient gerekend te worden volgens TR023 Assessment of post-installed rebar connections, te vinden op www.eota.eu.

Hierin wordt de rekenmethodiek gegeven voor het berekenen van verankeringsdieptes bij verankerungen en overlappingslassen. Het komt erop neer dat gerekend kan worden alsof de stek wordt ingestort.

Ook worden in deze richtlijn de randvoorwaarden omschreven waaraan een ingelijmde wapeningsstaaf moet voldoen in overeenstemming met de Eurocode 2. Dit is in de vorm van een diagram waarin per betonklasse de juiste aanhechtspanning moet worden behaald in relatie tot de hechtspanning van een ingestorte staaf. Hierin worden ook de effecten als uitvoering, rand- en

h.o.h.-afstanden en minimale langs- en dwarswapening verdisconteerd. De testresultaten van de beproeving van een lijmsort moeten boven dit diagram vallen. Zie figuur 5.



Figuur 5.

Een voorbeeld: indien men een ingelijmde staaf wil berekenen volgens Eurocode 2 dan moet in C35/45 de gemiddelde aanhechtspanning van de lijm minstens 14,5 MPa zijn. Inclusief veiligheidsfactoren mag dan gerekend worden met een rekenwaarde van de aanhechtspanning van 3,4 MPa.

Daarbij gelden wat verdere aandachtspunten:

1. De aanhechtingssterkte in de formule voor de basisverankeringslengte dient dus te worden afgelezen in het ETA-certificaat van de lijmsort. Dit dient dan wel een ETA-certificaat te zijn voor het verlijmen van wapeningsstekken die getest zijn volgens TR023. Dit is dus een andere ETA dan die van de korte ankers die volgens ETAG zijn getest.
2. Bij het verlijmen in een aansluiting van een nieuwe constructie aan een oude constructie zullen per definitie alle overlappings zich bevinden in één doorsnede. Dat betekent dat altijd $\alpha_6 = 1,5$ in rekening gebracht dient te worden bij het berekenen van overlappingslassen. Indien er risico bestaat op afspatten van de dekking, geldt dat als aan artikel 8.7.2(1) van EC2 wordt voldaan, dat er geen noodzaak is om de overlappings- of verankeringslengte te vergroten (bijvoorbeeld bij staven die ver van de rand af liggen).
3. Brandwerendheid wijkt af van de Eurocode. Hiervoor zijn speciale rekentabellen aanwezig.
4. De minimale verankeringslengte $l_{b,min}$ of $l_{o,min}$ kan onder omstandigheden afwijken. Deze dient onder bepaalde voorwaarden 1,5 maal zo groot te zijn. De voorwaarden hiervoor zijn te vinden in TR023.
5. Er worden bepalingen gegeven voor de minimale h.o.h.- en randafstand vanwege het feit dat er kans bestaat dat men onder een hoek gaat boren. Indien bijvoorbeeld geboord wordt op de kopse kant van een vloer, bestaat er een risico dat de dekking op de ingelijmde wapening niet meer gewaarborgd wordt. Er wordt daarom een minimale afstand opgegeven afhankelijk van de boormethode en/of de toepassing van een boorhulp.
 Voorbeeld (voor de h.o.h.-afstand geldt $s_{min} = 2 \times C_{min}$):

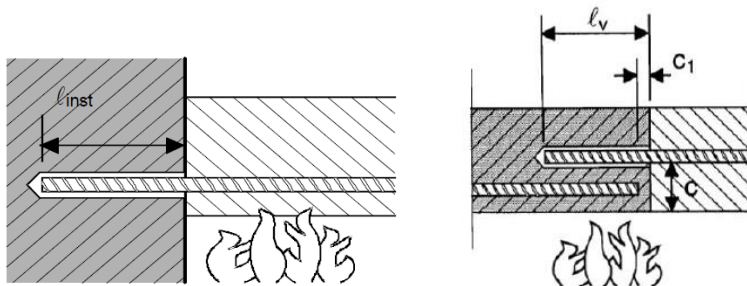
Boormethode	Staafdiameter	Minimum dekking cmin [mm]	
		Zonder boorstandaard	Met boorstandaard
Hamergeboord gat	$\varnothing < 25$	$30 + 0,06 \times l_v \geq 2 \times \varnothing$	$30 + 0,02 \times l_v \geq 2 \times \varnothing$
	$\varnothing \geq 25$	$40 + 0,06 \times l_v \geq 2 \times \varnothing$	$40 + 0,02 \times l_v \geq 2 \times \varnothing$
Luchtgeboord gat	$\varnothing < 25$	$50 + 0,08 \times l_v$	$50 + 0,02 \times l_v$
	$\varnothing \geq 25$	$60 + 0,08 \times l_v \geq 2 \times \varnothing$	$60 + 0,02 \times l_v \geq 2 \times \varnothing$
Diamantgeboord gat	$\varnothing < 25$	altijd met boorstandaard	$30 + 0,02 \times l_v \geq 2 \times \varnothing$
	$\varnothing \geq 25$	altijd met boorstandaard	$40 + 0,02 \times l_v \geq 2 \times \varnothing$

Tabel 1 uit ETA-certificaat van een specifieke lijmsoort.

Voor alle overige bepalingen: zie TR23.

3.4 Brand

Bij brand dient rekening gehouden te worden met een afname van de aanhechtingssterkte in relatie tot de dekking en de locatie van de brand t.o.v. de verlijming. De informatie hiervoor is verkrijgbaar bij de leveranciers.



Figuur 6.

3.5 Vermoeiing

Ook ingelijmde wapening die door een dynamisch wisselende last wordt belast, moet worden getoetst. De staaldoorsnede kan worden getoetst met Eurocode 2. Lijmleveranciers kunnen informatie overleggen wat de reductie van de aanhechtingssterkte is bij een bepaald aantal lastwisselingen.

3.6 Aardbevingen

Wat geldt voor de toetsing op vermoeiing geldt ook voor seismische lasten op ingelijmde wapeningsstaven. Ook hier geldt een reductie van de aanhechtingssterkte. Lijmleveranciers kunnen informatie overleggen wat de reductie van de aanhechtingssterkte is bij een bepaalde aardbevingsklasse.

3.7 Levensduur

De levensduur van de lijm is vastgelegd in het ETA-certificaat. Hierin wordt gesteld dat de beoogde levensduur gelijk is aan 50 jaar. Deze levensduur kan niet opgevat worden als een door de leverancier afgegeven garantieperiode, maar moet gezien worden als een middel om de juiste producten in relatie tot de verwachte economische levensduur van de constructie te waarborgen. In het ETA-certificaat van korte ankers staat bijvoorbeeld dat elektrolytisch verzinkte ankers alleen in een droog binnenklimaat mogen worden toegepast, waarbij dan ook een levensduur van 50 jaar verondersteld mag worden. Thermisch verzinkte ankers zijn beter bestand tegen corrosie. RVS-ankers leveren de meeste corrosie-weerstand.

Lijmleveranciers kunnen ook informatie overleggen over het aantonen van een beoogde levensduur van 100 jaar. Dat is bijvoorbeeld een standaard-eis bij bruggen.

4 Gaten

Om in een bestaande betonconstructie stekwapening te kunnen aanbrengen, moeten uiteraard eerst gaten worden geboord. Voor het boren van gaten in beton bestaan drie methoden:

- het boren met diamant;
- het boren met hardmetaal (widia);
- het boren met lucht.

Daarnaast kan er ook sprake zijn van ingestorte gains die functioneren als een sparing waarin ankers aangegoten kunnen worden.

Van groot belang bij de keuze van één van bovengenoemde boormethoden is de grootte van het anker en de methode van verlijmen welke men voorstaat.

Een bijkomend punt vormen de arbeidsomstandigheden: zie hiervoor hoofdstuk 7.

De bijbehorende sterkte van de lijmankeers in relatie tot de boormethode ligt altijd vast in het ETA-certificaat van het anker.

4.1 Diamant

Met een diamantboor, waarbij de draaisnelheid afhankelijk is van de boordiameter, wordt een gat in de gewapende of ongewapende betonconstructie geboord. De boor bestaat uit een holle buis, waarbij op de snijrand een diamantkroon of segmenten zijn gesoldeerd. Aan het andere buiseind bevindt zich de aansluiting op de boormachine. Het diamant snijdt door het beton plus de eventuele wapening (kan reden zijn waarom niet met diamant mag worden geboord!) en door toegevoerd water wordt het boormeel afgevoerd en de snijrand van de boorbuis gekoeld. Het verkregen gat heeft een zeer gladde wand, terwijl de maatvoering van de gaten nauwkeurig kan zijn. Het oppervlak van het boorgat is door het gebruik van water nat geworden.

4.2 Hardmetaal

De tweede methode is het boren met de hamerboor. Een van een hardmetalen punt voorziene spiraalboor wordt onder axiale slagen op de boorschacht in het beton gedraaid. Het boormeel wordt door de spiraal van de boor afgevoerd. Dit type boor is slecht in staat om staal te doorboren. Stuit de boor op wapening, dan glijdt de boor weg of komt niet of nauwelijks verder. Het geboorde gat is droog, de wand van het gat is bedekt met boormeel en is ruw.

Door het springen van de boor bij het begin van het boren is de maatvoering van het boorgat minder nauwkeurig. De gaten moeten met lucht schoongeblazen en geborsteld worden.

4.3 Lucht

Als laatste methode wordt het boren met lucht toegepast. De holle boorkop wordt aangedreven door samengeperste lucht en slaat zich in het beton, waarbij het materiaal wordt verpulverd en langs de boor het boorgat verlaat. Door de holle boorkop wordt lucht in het boorgat geblazen. Ook bij deze methode kan wapening een belemmering vormen, is het boorgat droog en de wand bedekt met boormeel. Het oppervlak van de wand is ruw.

4.4 Gaten met gains

Naast het achteraf inboren en inlijmen van wapening, kunnen ook sparingen in beton worden aangebracht in de vorm van gains. In verband met de montage is het raadzaam om ongelijke hoogtes van de stekken toe te passen, omdat het plaatsen van bijvoorbeeld kolommen over stekeinden met gelijke hoogte bijzonder moeilijk is.

Bij een stek-gainverbinding zal in het algemeen een hoogwaardige gietmortel worden gebruikt met een kleine korreldiameter (1 tot 4 mm), die in overleg met de leverancier kan worden bepaald. Hierdoor wordt bereikt dat de stek ongeacht de positie binnen de gain goed wordt omhuld met gietmortel en de aanhechting geborgd is. Omdat het gat rondom wordt opgesloten door de betonconstructie kan er ook geen sprake zijn van het splijten van beton. Hierdoor is het niet nodig om bij stekken in gains artikel 4.4.1.2(9) van NEN-EN 1992-1-1+C2:2012 aan te houden, en kan worden uitgegaan van de in CUR-aanbeveling 108:2013 paragraaf 5.1.5 aangegeven waarden. Bij de keuze van de diameter van de gain dienen uiteraard de toleranties op de plaatsing van de stekken en de posities van de gains in het prefab-element in het oog te worden gehouden.

De gains worden vrijwel altijd aan de binnenzijde van de wapeningskorf in het prefab element aangebracht. Daardoor zal in de praktijk sprake zijn van een 100%-overlappingslas waarbij de wapening in 2 lagen is aangebracht (dit ongeacht of de stekken in lengte verspringen of niet). Zonder nadere voorzieningen is dit strijdig met artikel 8.7.2(4) van NEN-EN 1992-1-1+C2:2012, waarin wordt aangegeven dat maximaal 50% van de staven mogen overlappen indien de wapening in meer lagen wordt aangebracht.

Deze 50%-eis is opgenomen om, zonder aanvullende wapening rondom de overlappende staven, te kunnen voldoen aan het principiële artikel 8.7.2(1)P; hierin is aangegeven dat afspatten van beton voorkomen moet worden. Bij de beschouwde verbinding ontstaan naar buiten gerichte krachten van de gains naar de wapeningsstaven die tot spatten kunnen leiden. Afspatten kan worden voorkomen door de spatkrachten met wapening op te vangen, bijvoorbeeld door het aanbrengen van beugelwapening rondom de verbinding die voldoet aan artikel 8.8(6) en 8.8(7) van NEN-EN 1992-1-1+C2:2012.

5 Lijmmateriaal

Als lijmsort voor de verbinding tussen wapening en beton kunnen diverse materialen toegepast worden, te onderscheiden in twee hoofdgroepen:

- producten met kunstharsen als bindmiddel, zoals:
 - epoxy's (EP),
 - polyester (UP)
 - polyurethanen (PU)
 - vinylesters (VE)
 - vinylurethanen (VU)
- producten met cement als bindmiddel (bijv. cementgebonden hybride mortels of gietmortels).

Algemeen geldt dat de productinformatie van de leverancier geraadpleegd moet worden voor het bepalen van de verwerkingstijd en de benodigde sterkte op het tijdstip van belasten van de stek. Alle lijmkers dienen voorzien te zijn van een ETA-certificaat. Dit certificaat is opgesteld door een geaccrediteerd instituut die de testgegevens van de ankers verwerkt. Op deze wijze is een gecertificeerde bepaling van de lasten mogelijk. De leveranciers kunnen dan een onafhankelijk certificaat meeleveren. Naast het aangeven van de sterktes van het anker, wordt ook het productieproces gecontroleerd door dit instituut.

Vrijwel alle fabrikanten en verwerkingsbedrijven hebben een product dat toegepast kan worden om wapening en stekwapening in beton te verlijmen. Door de grote verscheidenheid aan verhoudingen tussen de componenten is het niet mogelijk een overzicht te geven van deze producten.

Lijmen (vaak als afzonderlijke, te vermengen componenten) zijn verpakt op de volgende manieren:

1. Kokers die in een dispenser of lijmpistool worden geplaatst
2. In capsulevorm waarbij het anker de capsule stuk slaat, waardoor componenten kunnen mengen.

Gietmortels bestaan uit een poedervorm en water en worden op het werk aangemaakt.

Het vervormingsgedrag van lijmmortels is in principe niet anders dan van beton en staal.

Vervorming onder hogere belasting is echter gedeeltelijk plastisch en gedeeltelijk elastisch, terwijl de kruip groter is. Deze eigenschappen zijn bovendien sterk temperatuurafhankelijk. Door het vullen van de mortel met daartoe geschikte vulstoffen is het vervormingsgedrag te beïnvloeden. De mortel dient als bindmiddel tussen de korrels onderling en het staal- en betonoppervlak. Het moge duidelijk zijn dat een zogenaamde elastische kunsthars een grotere vervorming geeft onder belasting dan een starre.

Bij dit alles moet het materiaal in niet uitgeharde toestand ook nog goed verwerkbaar zijn. Al deze componenten worden meegenomen in het verkrijgen van een ETA-certificaat voor de toepassing van lijmmortels voor het verlijmen van wapeningsstekken op basis van de wapeningstheorie. Deze serie ETA-certificaten wijkt dus af van het ETA-certificaat voor de korte ankers. Dit verschil is omschreven in paragraaf 3.2. Er gelden namelijk twee aparte testregimes voor beide soorten ETA-certificaten.

6. Stekwapening

Voor de stekwapening zijn verschillende opties mogelijk:

- Wapeningsstaal (B500).
- Draadeinden (4.6, 4.8, 8.8 of RVS, sterkteklasse 70 of hoger),

Welke optie zal worden toegepast hangt van een aantal factoren af, welke hierna zullen worden besproken.

Wapeningsdoorkoppelsystemen kunnen ook worden verlijmd. Aandachtspunt hierbij is dat er een getrappt boorgat gemaakt dient te worden, vanwege het feit dat de koppelbus een grotere buitendiameter heeft dan de draad.



Figuur 7: Wapeningsdoorkoppelanker.

6.1 Wapeningsstaal of draadeind

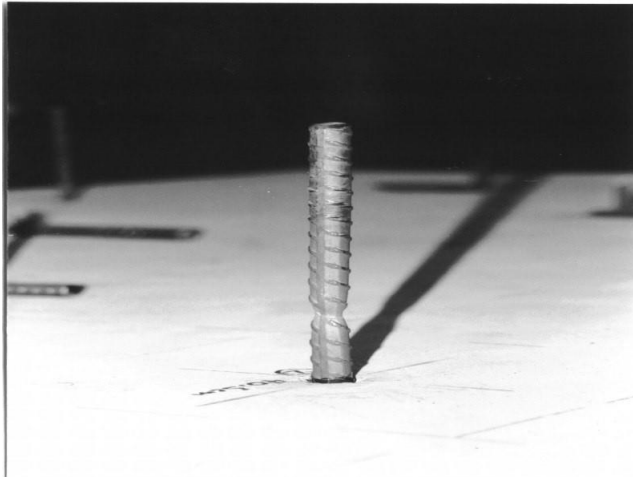
Wapeningsstaal wordt toegepast indien beton met beton verbonden dient te worden.

Staalconstructies worden met draadeinden bevestigd. In hoofdstuk 3 is reeds toegelicht dat dan dus wapeningsstaal wordt berekend volgens Eurocode 2/TR23 en draadeinden volgens de korte ankertheorie (Eurocode 2, deel 4).

Er is echter wel eens sprake van het verlijmen van een draadeind om beton met beton te verbinden. Hier gelden twee opties:

1. Indien gerekend wordt met de wapeningstheorie en men rekent met een verankering (m.a.w. vanuit vakwerkanalogie of waarbij op een andere wijze de resulterende last op het anker uiteindelijk 0 kN is), kan met de reguliere verankeringslengte worden gerekend. Er hoeft dus niet tweemaal zo diep te worden verlijmd, zoals dat gebruikelijk is bij ingestorte draadeinden. Indien het draadeind wel wordt ingestort moet namelijk conform de norm de verankeringsdiepte tweemaal zo lang zijn. Bij verlijmingen hoeft dit dus niet omdat het aansluitvlak tussen de schacht van het draadeind en de lijm niet maatgevend is.
2. Bij het inlijmen van een draadeind waarbij gebruik wordt gemaakt van een overlappingslas van het draadeind met een wapeningsstek, dient de last van de ene staaf naar de andere te worden overgebracht. Dit geschiedt door de vorming van drukdiagonalen. Omdat dit

moeilijk aan te geven is voor een draadeind lijkt het veilig om de overlappingslengte tweemaal zo lang te maken. Er zijn overigens stekken verkrijgbaar die uit wapeningstaal bestaan met daarop een gelast stuk draadeind of waarbij het uiteinde van de stek bestaat uit gesneden draad.



Figuur 8: Beproefde stek.

6.2 Ingelijmde wapening overlappen met reeds aanwezige wapening

Indien de ingelijmde wapening dient te overlappen met reeds aanwezige wapening, dan dient (naast andere bepalingen) de overlappingslengte minimaal te zijn vergroot met een lengte gelijk aan de vrije ruimte waar deze groter is dan 4ϕ of 50 mm (NEN-EN 1992-1-1+C2:2012 art. 8.7.2(3)). Aangezien bij het boren voor het verlijmen van wapening de exacte locatie van de te overlappen wapening niet geheel bekend is, dient men hier de meest ongunstige positie van de reeds aanwezige wapening te nemen.

7 Uitvoering

7.1 Arbeidsomstandigheden

Bij het aanbrengen van stekwapening kan een aantal risico's ten aanzien van veiligheid en welzijn optreden. De lichamelijke belasting bij het boren van gaten is hoog bij het volledig handmatig boren, zowel met lucht als hardmetaal. Geheel of gedeeltelijk automatiseren kan een oplossing zijn. Een ander risico vormt kwartsstof. Niet alleen bij het boren van de gaten kunnen verhoogde concentraties van kwartsstof optreden, ook bij het schoonblazen van de gaten en het aanmaken van gietmortels kan dit al het geval zijn. Vanaf januari 2001 moet men rekening houden met de blootstelling aan kwartsstof in de bouw. De grenswaarde voor kwartsstof bedraagt 0,075 mg per m³. Concreet betekent dit dat het seriematig droog boren van gaten zonder aanvullende maatregelen niet is toegestaan. Bij het verlijmen en inbrengen van de staaf dienen alle PBM's gedragen te worden.

Bij elke productinformatie wordt een veiligheidsinformatieblad bijgeleverd met de specifieke kenmerken van het product. Hierin wordt ook nog de noodzaak van dragen van PBM's genoemd.

7.2 Opruwen van boorgaten

In het ETA-certificaat (en ook in de gebruiksaanwijzing) staat vermeld welke boormethodes geschikt zijn voor de desbetreffende lijmsoort. Een diamantgeboord gat heeft bijvoorbeeld een gladde wand en kan invloed hebben op de aanhechtingssterkte van de lijm aan het beton. Bij bepaalde lijmsoorten dient eerst het gat te worden opgeruwd met een hulpstuk verkrijgbaar bij de verschillende lijmleveranciers. Ook dit wordt aangegeven in de desbetreffende ETA.

7.3 Reinigen van stekken en boorgaten

De stekken moeten voor de plaatsing in het boorgat ontdaan zijn van vuil en vet. Roest moet eveneens worden verwijderd.

De schoonmaakprocedure van het boorgat wordt vermeld door de leverancier en is vastgelegd in het ETA-certificaat en in de gebruiksaanwijzing van het geleverde product. Het reinigen van de gaten is een wezenlijk en zeer belangrijk onderdeel van de werking van het anker. Dit dient absoluut goed uitgevoerd te worden!

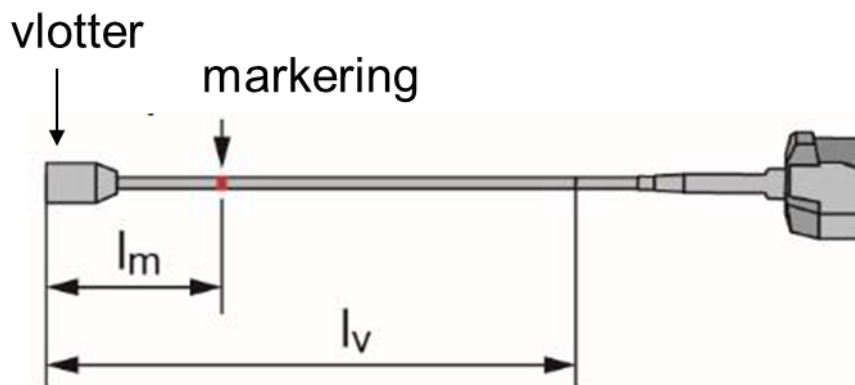
Bij het schoonblazen van de boorgaten met perslucht (ARBO-technisch is schoonzuigen beter!) kan het voorkomen dat een zeer dunne film olie zich op de oppervlakte van het boorgat afzet. Moderne compressoren zijn in de regel voorzien van olieafscheiders, waarbij zich dit probleem niet meer voordoet.

Bij hamergeboorde gaten bestaat ook de mogelijkheid om te boren met holle boren voorzien van gaten in de boorkop die aangesloten kan worden op een stofzuiger. Het stof wordt daarbij direct bij de bron weggenomen en reiniging van het gat kan dan achterwege worden gelaten, conform de bijbehorende ETA.

7.4 Inbrengen van de lijm

De wijze van inbrengen van de lijm wordt omschreven in de gebruiksaanwijzing van de betreffende lijmsoort.

Bij de toepassing van injectieankers wordt de mortel door een verlengslang helemaal achter in het boorgat ingebracht. Voordeel van deze methode is dat luchtinsluiting kan worden voorkomen. Daarbij wordt bij grotere dieptes (omschreven in ETA) ook gesteld dat een vlotter gebruikt dient te worden om lucht – en waterinsluitingen te voorkomen. Een vlotter is een opzetstukje op de verlengslang. Zie figuur 9.



Figuur 9.

Indien op de juiste wijze wordt afgetekend, kan de juiste hoeveelheid lijm in het boorgat worden geïnjecteerd. Indien de markering zichtbaar uit het boorgat is geduwd door de lijm die tegen de vlotter drukt, kan gestopt worden met injecteren.

Bij het toepassen van capsules worden meerdere capsules achtereenvolgend in het boorgat gebracht. Hierbij treden geen luchtinsluitingen op.

Bij het toepassen van gietmortels wordt gebruik gemaakt van het gieten van de aangemaakte mortel in de gaten. In het algemeen wordt aanbevolen om (cementgebonden) gietmortels bij horizontale gaten minimaal onder hoek van 5 graden aan te brengen, zodat de gaten beter gevuld kunnen worden.

7.5 Relatie diameter wapeningsstek/boorgat

In tabel 2 is voor de kendiameters van wapeningsstaal de diameter aangegeven van het boorgat. Let op dat de kendiameter een theoretische maat is: door de profilering is de uitwendige diameter ca. 1,2 x zo groot als de theoretische (gaat niet op voor gedeukte staven).

Bij het knippen van staven wordt het einde van de staaf vervormd. Hierdoor kunnen problemen ontstaan bij het aanbrengen van de stekwapening. Het verdient de voorkeur om de stekwapening uit de staaf te zagen.

De juiste boorgatdiameter is vastgelegd in het ETA-certificaat van de specifieke lijmmortel en ankersysteem. Overmaatse gaten moeten hierbij zoveel mogelijk worden voorkomen, vanwege mogelijk optreden van kruip.

Kerndiameter staaf [mm]	Grootste buitenmaat [mm]	Aanbevolen boorgatdiameter [mm]
6	7,12	Raadpleeg hiervoor de betreffende productinformatie
8	9,48	
10	11,86	
12	14,22	
14	16,58	
16	18,96	
20	23,7	
25	29,6	
28	33,16	
32	37,92	
40	47,5	

Tabel 2.

7.6 Weersinvloeden en onderwaterverlijmingen

De temperatuur van het beton heeft directe invloed op de sterkte van de verlijming gedurende de levensduur van de constructie. In het ETA-certificaat staat aangegeven wat de invloed van de betontemperatuur is op de aanhechtingssterkte. Met name de betontemperatuur ten tijde van het verlijmen vormt een belangrijk gegeven. Er zijn enkele systemen die bij temperaturen ver onder het vriespunt aangebracht kunnen worden. Bij deze temperatuur zal de verharding van de mortel uiteraard meer tijd kosten dan bij hogere temperaturen. Wel moet men erop letten dat zich geen ijs in de boorgaten bevindt. Bij zeer hoge temperaturen kan de lijm wel eens te snel uitharden, wat een bepaalde werkmethode zou kunnen beperken. De wapeningsstek moet bijvoorbeeld dan direct na het injecteren van de lijm in het boorgat worden gebracht.

In de betreffende ETA staat vermeld of de lijm geschikt is om in waterverzadigd beton of zelfs onder water mag worden toegepast en welke aanhechtsterktes daarbij horen.

7.7 Kwaliteitsborging

De kwaliteitsborging wordt via het ETA-certificaat geregeld. Hiervoor wordt ook verwezen naar de Nationale Beoordelingsrichtlijn BRL 0509. De ROK van Rijkswaterstaat geeft ook bepalingen voor het doen van testen op het werk. Bedrijven kunnen zich certificeren conform deze BRL. Een lijst met gecertificeerde bedrijven is te vinden op www.kiwa.com.

7.8 Milieubelasting

Met betrekking tot het aspect van de arbeidsomstandigheden moet een gebruiker rekening houden met de risico's voor gezondheid en welzijn.

Daarnaast moet de gebruiker extra attent zijn op de milieuaspecten. Bij het niet volledig verbruiken van de aangemaakte hoeveelheid mortel dient men te bekijken of het restant, inclusief de verpakking, bij het reguliere afval mag worden afgevoerd. In veel gevallen dienen restanten als chemisch afval te worden aangemerkt; dan moeten ze ook als zodanig worden afgevoerd. Ook de lege patronen en kokers van mortelinjectiesystemen dienen op dit aspect van de afvalproblematiek kritisch te worden beoordeeld.

N.B.: Voor het veilig en verantwoord afvoeren van deze materialen adviseren wij om contact op te nemen met de arbeidsinspectie en/of de milieudienst in de regio.

8 Kostenaspecten

De prijzen van de aan te brengen stekwapening zijn van veel factoren afhankelijk. Te denken valt onder meer aan:

- het aantal stekken,
- de richting van het boorgat (in een vloer, wand of plafond),
- de diameter van het te boren gat (lucht, hardmetaal of diamant) en de boorgatdiepte,
- aanwezigheid van wapening in de uit te breiden constructie en de vraag of deze wapening gespaard moet blijven,
- droog (met eventueel stofafzuiging) of nat boren,
- werkomstandigheden,
- milieuaspecten rondom afvoer van verpakkingsmaterialen.

Het is daarom onmogelijk om richtprijzen te geven. In elke situatie zal over de prijs gepraat en onderhandeld moeten worden. Dat de door de constructeur te maken keuze een grote invloed heeft op de totaalprijs mag duidelijk zijn. Een goed overleg tussen constructeur en de uitvoering is daarom van groot belang, want zonder goedkeuring van de constructeur mag de uitvoering niet afwijken van de geldende voorschriften.

9 Besteks- en contractbepalingen

9.1 Besteksbepalingen

In het bestek kunnen naast de resultaatsverplichtingen ook voorwaarden worden opgenomen. Algemeen geldt dat voorzichtigheid geboden is bij het noemen van voorwaarden; ongewild kunnen systemen worden uitgesloten.

Het verdient de voorkeur de krachten op te geven die door het complete ankerpatroon moet worden opgenomen. De aannemer zal de berekening, inclusief het bepalen van het toe te passen systeem, (laten) uitvoeren en het geheel in de vorm van een werkplan ter goedkeuring of ter acceptatie indienen bij de directie. Betreft het een D&C-contract, dan moet de aannemer in het kader van het ontwerp ook zelf de krachten bepalen.

De volgende teksten moeten meer als een aandachtspunt worden gezien:

- Het systeem van inlijmen is: cementgebonden / kunstharsgebonden.
- De gaten t.b.v. de in te lijmen stekken boren met hardmetaal / lucht / diamant.

Indien de stekwapening in het bestek wordt bepaald:

- De staalkwaliteit van de in te lijmen stekken is
- Voor aantallen, plaatsing, verankeringsdiepte en de daarbij behorende maattolerantie, zie tekening:.....

Indien de aannemer de stekwapening moet berekenen:

- De aannemer toont door middel van een berekening aan dat de verankeringsdiepte van de stekken voldoet aan de eisen van dit bestek.

9.2 Contractbepalingen

Voor de bepalingen voor het aannemen en opdragen van de werkzaamheden aan de onder(aan)nemer wordt verwezen naar de Nationale Beoordelingsrichtlijn BRL 0509 van de KIWA. Deze behandelt het gehele proces van het aanbrengen van constructieve ankers, vanaf het boren tot en met de plaatsing.

9.3 Controle en beproeving

Alle in het werk uitgevoerde werkzaamheden rond ingelijmde wapening dienen te worden gecontroleerd door de (hoofd-)constructeur.

Indien de omstandigheden twijfel kunnen veroorzaken inzake de veiligheid, kan de constructeur aanvullende beproevingen voorschrijven, waarbij de testresultaten moeten voldoen aan de eisen alvorens de verbinding mag worden belast.

10 Literatuurlijst

- Stubeco-publicatie B06 : Ingelijmde staven als stekwapening (2003) - Vervallen.
- NEN 6720: Voorschriften Beton TGB 1990 (VBC 1995) - Vervallen.
- CUR-aanbeveling nr 25: Korte ankers in beton; berekening en uitvoering – Vervallen.
- ETAG 001 / EAD 330232-00-0601 – Annex C – Guideline for European Technical Approval of metal anchors for use in concrete (www.eota.eu).
- BRL 0509, Nationale beoordelingsrichtlijn voor het KOMO-procescertificaat voor het aanbrengen van constructieve ankers in verharde betonconstructies, uitgave KIWA N.V., Rijswijk.
- NEN-EN 1992 Ontwerp en berekening van betonconstructies.
- NEN-EN 1992-4: 2018 (Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies – Deel 4: Ontwerp en berekening van bevestigingsmiddelen voor gebruik in beton).
- TR029: Technical Report 029 - Design of Bonded Anchors (www.eota.eu).
- TR023: Technical Report 023 – Assessment of post-installed rebar connections (www.eota.eu).
- Input m.b.t. cementgebonden verlijmingen vanuit Cugla B.V. uit Breda, via mailwisseling met de heer Jan Ravensteijn.

Bijlage 1 – Overzicht systemen en mogelijkheden

<u>Aandachtspunt:</u> <u>raadpleeg altijd de productinformatie van</u> <u>de leverancier!!!</u>	Kunsthar twee- componenten- injectie	Kunsthar twee- componenten- capsules	Krimparme cementgebonden gietmortel
Droog boorgat	++	++	++ Met voorbevochtiging
Vochtig boorgat	+/-	++	++
Boorgat vol water	Zie ETA	Zie ETA	+/-
Boren met diamant	Zie ETA	Zie ETA	--
Boren met hardmetaal	++	++	++
Boren met lucht	++	++	++
Verlijmen in bovenzijde constructiedeel	++	++	++
Verlijmen in zijkant constructiedeel	++	++	--
Verlijmen in onderzijde constructiedeel	+/-	++	--

Verklaring van de tekens:

++ zeer geschikt
+/- minder geschikt, productafhankelijk
-- niet geschikt

Tabel 3.