

Toetsingskader voor bouwconstructies in CLT



Foto: Ossip van Duivenbode.

Basisschool Het Epos in Rotterdam. Houtmodulebouw-concept van De Groot Vroomshoop en SeARCH.

De toepassing van CLT (Cross Laminated Timber) in bouwconstructies neemt de laatste jaren snel toe. Het ultieme voorbeeld is het in 2022 opgeleverde HAUT in Amsterdam: een hybride houten gebouw van 73 meter hoog met 21 verdiepingen. Passende regelgeving voor CLT ontbreekt echter en documentatie hierover is nog maar mondjesmaat beschikbaar. Daardoor stuit bouwtoezicht bij het beoordelen en goedkeuren van CLT-constructies op problemen. Gelukkig is er een Richtlijn Toepassing Bouwconstructies in CLT die een eenduidig toetsingskader bij het beoordelen van bouwconstructies in CLT biedt.

Tekst ing. Frank de Groot, met dank aan Dick Bezemer²

De Richtlijn Toepassing Bouwconstructies in CLT stamt uit 2022, maar veelal is deze onvoldoende bekend bij bouwtoezicht en vooral bij ontwerpende en uitvoerende disciplines. De richtlijn is ontstaan op initiatief van Ingenieursbureau Goudstikker de Vries. Zij moesten iedere keer Bouwtoezicht overtuigen dat veilig geconstrueerd kan worden in CLT, hoewel er nog geen regelgeving voor CLT is. Uiteindelijk heeft het ingenieursbureau het Centraal Overleg Bouwconstructies (COBc) benaderd met de vraag: ‘Kan er geen COBc-document worden opgesteld voor constructies in CLT, zodat Goudstikker de Vries niet iedere keer het zelfde verhaal moeten houden bij Bouwtoezicht?’ Bij het COBc – onderdeel van de Vereniging BWT Nederland – zijn bijna alle gemeentelijke constructeurs aangesloten. In samenspraak met constructeursvereniging VNconstructeurs zijn ook adviesbureau Lüning en Geert Ravenhorst van TU Delft aangeschoven bij de COBc-werkgroep ‘Construeren in CLT’, die de richtlijn heeft opgesteld.

Wat is CLT?

CLT wordt ook wel kruislaaghout genoemd. Uit gesorteerde houten planken worden grote platen gemaakt. Deze ‘lamellen’ worden door middel van vingerlassen op de gewenste lengte gemaakt en kruislings verlijmd in drie, vijf of zeven lagen. Dit verschilt per leverancier. De opbouw is altijd symmetrisch. Er ontstaat door deze bewerkingen een groot formaat gelamineerd houten paneel. De afmetingen zijn variabel, afhankelijk van de leverancier. De panelen zijn meestal 3 x 14 meter, maar kunnen maximaal circa 3,50 x 16,00 meter zijn. De dikte van de panelen kan variëren tussen 80 mm in drie lagen tot 350 mm in zeven lagen.

Herziening Eurocode 5

CLT kan worden toegepast in de gevolgklassen 1, 2 en 3. Voor het ontwerpen met CLT zal al snel worden gekeken naar NEN-EN 1995: Eurocode 5, Ontwerp en berekening van houtconstructies. Maar in de huidige versie van Eurocode 5 ontbreken nog de rekenregels voor CLT. In de nieuwe Eurocode 5, waarvan de ontwerp-

versie (prEN) in 2023 is gepubliceerd, is CLT wel volledig geïntegreerd. Naast het opnemen van CLT zullen in de nieuwe Eurocode 5 eveneens regels worden opgenomen voor hout/beton-composiet-constructies. Eind 2027/begin 2028 is voorzien dat de nieuwe Eurocode met Nationale Bijlage beschikbaar zal zijn voor gebruik in de praktijk. De komende jaren zijn er dus nog geen rekenregels.

Aantoonbaarheid kwaliteit

De aanvrager van de omgevingsvergunning moet aantonen dat de kwaliteit van het product met betrekking tot sterkte en duurzaamheid gedurende de referentieperiode aan het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl), inclusief de aangewezen normen, voldoet. Zoals eerder aangegeven ontbreekt voor CLT momenteel vigerende regelgeving. Tot de publicatie van de nieuwe Eurocode 5 met Nationale Bijlage is het construeren en beoordelen van CLT-bouwconstructies verantwoord door gebruik te maken van de combinatie van:

- normen, en
- European Technical Assessments (ETA's) en European Assessment Documents (EAD's), en
- wetenschappelijke *state of the art* publicaties.

Gelijkwaardigheid

De aanvrager kan gebruikmaken van de mogelijkheid tot gelijkwaardigheid op grond van artikel 4.7, eerste lid, van de Omgevingswet. Om aan te tonen dat de sterkte van CLT gedurende de referentieperiode voldoet aan het Bbl, moet de vergunningaanvraag gedurende de periode van vergunningverlening en daarna tijdens de uitvoering aangevuld worden met de volgende gegevens en bescheiden:

- beschrijving van het constructieprincipe (inclusief de wijze waarop duurzaamheid wordt geborgd);
- productomschrijving;
- overzichts- en detailtekeningen;
- berekeningen;
- relatie met de in het Bbl aangewezen normen;
- kwaliteitsverklaring met een nationale status (CE-markering, ETA's en EAD's); bij het ontbreken van een kwaliteitsverklaring kunnen gegevens over laboratoriumonderzoek (onder andere hechting en brandwerendheid) nader ter beoordeling worden ingediend of opgevraagd;
- de wijze van aanbrengen, inclusief de omstandigheden tijdens de uitvoering, onder andere wisselingen van vochtigheid en temperatuur;



HAUT in Amsterdam: een hybride houten gebouw van 73 meter hoog met 21 verdiepingen.

Foto: Jannes Linders.

- aansluitdetails. Let hierbij tevens op aansluitdetails ten behoeve van akoestiek/geluidwering. Die moeten consequent worden doorgevoerd in de totale constructie. Voorkom dat die details de sterkte, stijfheid en stabiliteit van het bouwwerk nadelig beïnvloeden;
- kwaliteit van het product.

Bezwijkmechanismen

De stijfheid van CLT moet gereduceerd worden ten opzichte van de stijfheid van het massieve/homogene materiaal hout. Door de opbouw van CLT moet in de beschouwde doorsnede de correcte spanningsverdeling worden aangehouden. Er moet controle zijn op buiging als plaat, dan wel als balk en controle op (rol)schuifspanning. Let ook op verminderde dwarskrachtcapaciteit bij platen door *rolling shear* en controleer op knik, stabiliteit en robuustheid. Let daarbij op de verbindingen en op de details ten behoeve van geluidwering/akoestiek. Controleer tot slot de oplegdrukken.

Ten aanzien van trillingen rekening houden met Hoofdstuk 7.3.3 in NEN-EN 1995-1-1 (Eurocode 5 - Ontwerp en berekening van houtconstructies). Hoewel het aspect trillingen niet wordt aangestuurd door het Bbl, wordt sterk aanbevolen aan trillingen aandacht te besteden. Controleer bij vloeren ook de eigenfrequentie.

Sterkte CLT

Het basismateriaal of de lamelsterkte is veelal houtkwaliteit C24. Een producent kan een andere lamelsterkte leveren of een combinatie van verschillende sterktes. De materiaalfactor $\gamma = 1,25$ (NEN-EN 1995-1, tabel 2.3) is gelijk aan die van gelijmd gelamineerd hout. Berekening gebeurt volgens hoofdstuk 2 'Beschikbare normen en beoordelingsdocumenten'. In de berekening moet rekening worden gehouden met belastingduurklasse, klimaatklasse, et cetera.

- De materiaaleigenschappen moeten minimaal voldoen aan:
 - NEN-EN 16351: 2021 EN 'Houtconstructies – Kruisgelaagd gelamineerd hout – Eisen' (let op: dit is nog geen geharmoniseerde norm, er is hiervoor dus nog geen mandaat van de Europese Commissie) óf

- eigenschappen conform de van toepassing zijnde ETA óf
- door proeven zijn aangetoond.

- Enkel uitgaan van symmetrisch opgebouwde CLT-panelen.
- CLT is opgebouwd uit gelijmd houten lamellen. Bij het berekenen van de doorsnede op onder andere sterkte, dwarskracht en stijfheid moet uitgegaan worden van gereduceerde waarden ten opzichte van de waarden van het massieve/homogene materiaal hout.

Voor het construeren in CLT kan gebruik worden gemaakt van software:

- CLT designer (Universiteit van Graz, te downloaden via: <https://www.cltdesigner.at/>);
- Calculatis via <https://calculatis.storaenso.com> van Stora Enso.

Levensduur

De ervaring met de levensduur van CLT-constructies is korter dan 30 jaar. Aangezien CLT in basis kan worden vergeleken met gelamineerd hout (positieve ervaring met de levensduur daarvan is 50 jaar en meer) kan voor CLT-constructies in klimaatklasse 1 worden uitge-

gaan van de levensduur van 50 jaar. Let hierbij op de aanwezigheid van vochtige binnenlocaties (onder andere keuken, badkamer, toilet). Door onjuiste detaillering en vaak in combinatie met slechte uitvoering kunnen (verborgen) lekkages ontstaan, die een nadelige invloed hebben op de duurzaamheid.

Bij toepassing van CLT-constructies in klimaatklasse 2 moet worden aangetoond dat voldaan wordt aan de duurzaamheid. CLT-constructies niet toepassen in klimaatklasse 3. De producent moet verder in de ETA of de DOP aangeven welke lijm van toepassing is op welke specifieke CLT-bouwconstructieproducten. Om aan te tonen dat de lijm constant blijft (niet verouderd), voert de producent op CLT-producten versnelde verouderingsproeven uit. Dit wordt beschreven in de interne kwaliteitscontrole van de producent. De belangrijkste invloeden waardoor lijm kan degraderen zijn vochtverschillen en UV. Het basismateriaal en de lijm zijn niet anders dan in gelamineerde constructies. Bij gelamineerde constructies zijn geen voorbeelden van andere vormen van degradatie bekend dan bij massief hout.

Brandgedrag

Een belangrijk aspect bij toepassing van CLT is natuurlijk het brandgedrag. Voor bouwwerken in gevolgklasse 2 en 3 moet de beoordeling op brandgedrag worden uitgevoerd door een brandveiligheidsdeskundige. In de beschouwing moet minimaal het volgende worden meegenomen:

- veiligheid van het gebouw;



Foto: Ossip van Duivenbode.

Op 1 maart 2024 is Mediavaert opgeleverd: het nieuwe hout-hybride hoofdkantoor van DPG Media Nederland in Amsterdam-Duivendrecht. Met een omvang van 44.700 m² mag het gebouw zich tot een van de grootste hout-hybride kantoren van Europa rekenen.



Het houten woongebouw M'DAM is november 2021 opgeleverd in Monnickendam. Het woongebouw is bijna in zijn geheel opgetrokken uit CLT (cross laminated timber). Alle appartementen zijn vrijwel volledig in de 'Fabriek van Houten Gebouwen' van De Groot Vroomshoop gebouwd. BMB ontwikkeling (onderdeel van VolkerWessels) is verantwoordelijk voor de ontwikkeling.

- veiligheid van de brandcompartimenten;
- veiligheid van de sub compartimenten;
- veiligheid van de vlucht- en aanvalsroute;
- veiligheid van de omgeving.

Let daarbij op dat bij CLT-bouwconstructies de vloeren en wanden een dubbele functie hebben: draagconstructie én scheidingsconstructie van (sub)brandcompartimenten. Voor CLT geldt brandklasse D. In de huidige NEN-EN 1995-1-2 (Eurocode 5 - Ontwerp en berekening van houtconstructies bij brand) zijn geen regels opgenomen voor CLT, wel in de conceptversie (prEN) voor de nieuwe Eurocode 5 (met Nationale Bijlage beschikbaar voor gebruik in de praktijk in 2027/2028). Raadpleeg voorlopig de laatste *state of the art* documenten, onder andere 'Fire safety in timber buildings, technical guideline for Europe'.

Beschouw verder de invloed van brand niet alleen plaatselijk, maar eveneens voor de totale bouwconstructie. De inbrandsnelheid β is afhankelijk van het CLT-element dat wordt toegepast en moet worden aangetoond. Na delaminatie (het afvallen van de onderste laag) volgt een verdubbeling van de inbrandsnelheid. Dit effect treedt niet op bij wanden en kolommen (*Swedish CLT Handbook*).

Door het gebruik van hittebestendige lijm kan delaminatie worden voorkomen. In de ETA moeten brandspecificaties worden vermeld. Voor Bouwtoezicht is van belang dat in de betreffende ETA verwezen moet worden naar EAD 13005-00-0304 'Solid wood slab element for use as structural element in buildings' (2015). Verder moeten de inbrandsnelheden worden gecontroleerd en de verbindingen moeten bestand zijn tegen brand.

Afvallende lamellen

Uitgangspunt is verder dat aangetoond moet worden of de kans bestaat dat de lamellen bij de lijmlagen eraf kunnen vallen. Wanneer de naad tussen de lamellen kleiner is dan 2 mm, worden de volgende inbrandsnelheden gegeven:

1. Wanneer er geen kans is op afvallen van de lamellen ter plaatse van de lijmlagen: 0,65 mm/min voor vloeren en wanden.
2. Wanneer er kans is op afvallen van de lamellen ter plaatse van de lijmlagen:
 - voor vloeren: 0,65 mm/min voor de buitenste lamel, dan een verhoogde inbrandsnelheid van 1,3 mm/min tot de tweede lamel 25 mm is ingebrand, daarna weer 0,65 mm/min. Bij de volgende lijmlaag herhaalt dit proces zich;
 - voor wanden: een contante inbrandsnelheid van 0,8 mm/min.

3. Wanneer de naad tussen de lamellen groter is dan 2 mm worden de inbrandsnelheden verhoogd.

In de huidige CLT-producten worden veelal PU- en MUF-lijmen gebruikt. Daarvoor moet als uitgangspunt worden aangenomen dat de lamellen eraf kunnen vallen. Indien met constante inbranding wordt gerekend, zal dat met proeven aangetoond moeten worden.

Verbindingen

Bij CLT-constructies zijn verbindingen veelal maatgevend. Tijdens de vergunningsfase moet een principevoorstel zijn gedaan voor het waarborgen van de stabiliteit, inclusief detaillering ervan. Verbindingen hebben invloed op de vervorming van de gehele bouwconstructie. Het schroeven van verbindingen wordt het meest toegepast. Bij voorkeur niet schroeven in de kopse lamellen, altijd in de langslamellen. Controleer of de schroeven zijn gecertificeerd. Verschillende leveranciers leveren diverse types, diameters en lengtes, veelal zelfborend. Voorbeelden zijn Rothoblaas, Wurth en Hecofix.

Schroeven met gedeeltelijk schroefdraad kunnen worden gebruikt voor het laten aansluiten van elementen op elkaar. Volledige schroefdraad kan worden gebruikt voor wisselende krachtrichtingen en sterkere verbindingen. Schroeven in CLT-constructies met een impact- of momentboor moeten volgens richtlijnen van producent worden aangebracht. Bij grote over te dragen krachten, zoals bij aansluiting van stabiliteitselementen, kunnen stalen verbinders worden toegepast. Dit kunnen speciale elementen zijn of standaard handelsproducten, zoals simpele trekankers of afschuifverbindingen, of zogenoemde *spiders*.

De leveranciers geven catalogi uit of rekenprogramma's waarmee de sterkte van de verbindingen kan worden bepaald. Aandachtspunt hierbij is dat gecontroleerd moet worden welke aannames in de berekeningen en catalogi worden gedaan voor wat betreft dichtheid van het basismateriaal, de randafstanden en onderlinge afstanden, et cetera. Tref tot slot voldoende maatregelen tijdens de uitvoering ter voorkoming van delaminatie van de elementen, onder andere door de elementen met folie af te plakken. Vermijd zo veel mogelijk natte weersomstandigheden en zorg voor voldoende ventilatie indien de elementen nat zijn. Let bij natte weersomstandigheden op gladheid van houten vloeren.

¹ Dick Bezemer is voorzitter van het Centraal Overleg Bouwconstructies (COBC) en teammanager bouwconstructies, bouwfysica, brandpreventie en funderingsloket bij Gemeente Rotterdam.

Richtlijn
Toepassing Bouwconstructies in CLT

Project: Mooijburg Plein, Amsterdam; Architect: Natrified-architecture; Hoofdaannemer: Weever Bouw; Ingenieursbureau: Goudstikker - De Vries; CLT leverancier: Laminated Timber Solutions.

Centraal overleg Bouwconstructies

Verste mei 2022