

Holz-Zement-Hybridsysteme für Wandelemente im Holzhochbau

Wood-cement-hybrid systems for wall elements in timber building construction

Projektleiter

Project leaders:

Martin Direske

Projektbearbeiter

Person in charge:

Marco Mäbert

Fördermittelgeber

Co-funded by:

BMEL (FNR)

Projektpartner

Project partners:

Fraunhofer-Institut für Holzforschung WKI, Universität Kassel – Fachgebiet für Trennende und Fügende Fertigungstechnik, Hochschule RheinMain – Fachbereich Architektur und Bauingenieurwesen

AUSGANGSSITUATION UND ZIELSTELLUNG

Das primäre Ziel dieses Forschungsvorhabens war die Entwicklung eines lignocellulosebasierten Verbundmaterials für tragende Wandelemente zur Nutzung im modularen mehrgeschossigen Holzhochbau. In Deutschland wurde gerade in den Jahren nach dem 2. Weltkrieg aufgrund der Nichtbrennbarkeit der Materialien fast ausschließlich massiv mit Mauerwerk und Beton gebaut. Durch Produktneuentwicklungen und -weiterentwicklungen in den letzten Jahren bestehen inzwischen zahlreiche Möglichkeiten, massiv in Holz zu bauen. Derzeit dominieren Systeme unter Nutzung von Brettstapeldecken sowie Brettsperholz- und Hohlkastenelemente als Wandelemente die Holzbauweise für den Hochbau. Deutlich weniger verbreitet ist der Einsatz von Elementen aus Holzwerkstoffen, die zum Beispiel mit mehrschichtig zu tragenden Bauteilen verklebt werden (u. a. OSB-Magnumboard®). Trotz der steigenden Holzbauquote liegt der Marktanteil holzbasierter Gebäude in Deutschland im Jahr 2021 bei 21,5 % und ist im Hinblick auf den Beitrag einer stofflichen Nutzung zum Klimaschutz weiter ausbaufähig. Die Baumartenzusammensetzung der deutschen Wälder wird in Zukunft jedoch dafür sorgen, dass der Nadelholz-Bauholznachfrage nicht mehr ausreichend entsprochen werden kann. Das neuentwickelte Hybridbauteil (Holz-Zement-Hybrid-Wandsystem = HZH-Wandsystem) sollte aus zwei Holzwerkstoffen bestehen, die zu einem Großteil auf Buchenholz basieren, sich ansonsten in ihrer Rohstoff-

INITIAL SITUATION AND OBJECTIVE

The primary goal of the research project was to develop a lignocellulose-based composite material for load-bearing walls to be used in modular multi-storey timber building construction. In Germany, especially in the years following World War, solid masonry and concrete were used almost exclusively for construction for the non-combustibility of the materials. Thanks to new product developments and enhancements in recent years, there are now numerous options for solid wood construction. Currently, systems using board-stacked ceilings as well as plywood timber and hollow box elements as wall elements dominate the timber construction method in timber building design. Clearly less widespread is the use of elements made of wood-based materials, which are glued together, for example, in multiple layers to form load-bearing components (including OSB Magnumboard®). Despite the increasing wood construction quota in Germany, the market share of wood-based buildings in Germany in 2021 was 21.5 %, having potential for rising further for its contribution of a material use to climate protection. However, owed to the species mix of German forests, the demand for softwood construction timber may no longer be adequately met in the future. The newly developed hybrid component (wood-cement-hybrid wall system = WCH wall system) should consist of two wood-based materials largely containing beech, but otherwise strongly differing in their source-material composition, manufactur-



Abb. 1: HZH-Wandsystem – Decklagen aus zementgebundenem Sperrholz und Mittellage aus leichter Spanplatte

Fig. 1: WCH wall system – top layers of cement-bonded plywood and the middle layer of lightweight particleboard

zusammensetzung, der Herstellungstechnologie und ihren mechanisch-physikalischen Eigenschaften stark unterscheiden. Durch die unterschiedlichen Materialkennwerte sollten die Werkstoffe im Materialverbund verschiedene anwendungsbezogene Aufgaben erfüllen.

VORGEHENSWEISE

Für die Decklagen wurde ein zementgebundenes Sperrholz (Cement-bonded plywood – CBPLY) auf Basis von Buchenfurnier und Tonerdezement (TEZ) entwickelt. Während der Widerstand gegenüber Feuer und Feuchte sowie der Hauptteil der statischen Anforderungen von diesem übernommen werden sollte, sollten die bauphysikalischen Anforderungen Wärme- und Schallschutz in erster Linie durch den im Wandinnern liegenden Partikelwerkstoff gewährleistet werden. Hierfür wurde eine mittels Hochfrequenztechnologie erzeugte Spanplatte (HF-Spanplatte) aus groben Buchenspänen mit geringer Dichte (450 kg/m^3) und einem ausgeglichenen Rohdichteprofil entwickelt und eingesetzt. Die beiden Holzwerkstoffe wurden mit unterschiedlichen Klebstoffsystemen verklebt. Vor der Verklebung wurden verschiedene Vorbehandlungen vorgenommen, um den Verbund zwischen Zement und Holz zu verbessern. Anschließend wurde das Hybrid-System auf seine statischen und bauphysikalischen Eigenschaften überprüft.

ing technology and their mechanical-physical properties. For the various material characteristics, the materials were expected to fulfil several application-related roles within the composite.

APPROACH

A cement-bonded plywood (CBPLY) based on beech veneer and alumina cement (AC) was developed for the top layers. While the resistance to fire and moisture as well as the main part of the static requirements were to be taken over by it, the structural-physical requirements of thermal and sound insulation were to be guaranteed primarily by the particle material lying inside the wall. For that purpose, a particle board (HF particle board) made of coarse beech chips of a low density (450 kg/m^3) and a balanced density profile was developed and used. The two wood-based materials were bonded using different adhesive systems. Before bonding, various pre-treatments were carried out to improve the bond between the cement and wood. Subsequently, the hybrid system was tested for its static and structural-physical properties.

ERGEBNISSE

Die Nutzung von Furnieren sowie Spänen aus Buche erwies sich für die mechanischen Kennwerte bei CBply als auch bei den HF-Spanplatten im Vergleich zur Referenz aus Fichte als nachteilig. Mittels der neuentwickelten Bindemittelrezeptur aus TEZ, Methylcellulose, Zitronensäure und Acrylatdispersion wurde ein flächiger Bindemittelauftrag durch Beileimwalzen ermöglicht, der den Herstellungsprozess von 24 auf 8 h eingekürzt, die Baustoffklasse B erreicht und Festigkeiten erzielt, die die von CBply auf Basis von Portlandzement übertreffen. Die entwickelten HF-Spanplatten hielten trotz ihrer geringen Dichte die charakteristischen Kennwerte von P5-Spanplatten zu einem Großteil ein. Die gemessene Wärmeleitfähigkeit ordnet sich zwischen sehr leichten Spanplatten (300 kg/m^3) und Holzfaserdämmplatten (250 kg/m^3) ein.

Mit der zementären Oberfläche des Sperrholzes gingen deutliche Verringerungen der Verklebungsqualität einher. Durch das Entfernen der Zementschicht und eine zusätzliche Plasmabehandlung konnte die Zugfestigkeit auf das Niveau von reinen Holzverklebungen angehoben werden. Die leistungsstärksten Verklebungen wurden mittels 1K-PUR Systemen erzielt.

Den mechanischen Eigenschaften des HZH-Systems wurden Referenz-Hybridssystemen aus u. a. LVL in den Decklagen und OSB in der Mittellage gegenübergestellt. Einzelwerte bewiesen, dass das HZH-System mit dem Referenzsystem mithalten kann. Aufgrund großer Streuungen der Kennwerte ist das neuentwickelte Wandsystem jedoch noch nicht konkurrenzfähig. Verantwortlich hierfür zeichnet sich in erster Linie das Materialversagen in den Decklagen (Delaminierungen der Furniere). Das HZH-System kann jedoch als hochfeuerhemmend (F-60) eingestuft werden und liegt damit auf Augenhöhe mit einer deutlich dickeren und dichten Magnumboard-OSB (+ 20 mm, + 120 kg/m^3).

RESULTS

The use of veneers and chips from beech proved to be disadvantageous for the mechanical properties of both CBply and HF particleboard compared to the reference made of spruce. The newly developed binder formulation of AC, methyl cellulose, citric acid and acrylate dispersion, facilitated laminar binder application by glue rollers, reducing the manufacturing process from 24 to 8 h. Building material class B was achieved and strengths were obtained that exceed those of CBply based on Portland cement. Despite their low density, the HF particleboards developed maintained the characteristic values of P5 particleboards to a large extent. The measured thermal conductivity ranks between very lightweight particleboards (300 kg/m^3) and wood fibre insulation boards (250 kg/m^3).

The cement-based surface of the plywood resulted in significant reductions in the bonding quality. By removing the cement layer and additional plasma treatment, the tensile shear strength could be raised to the level of pure wood bonding. The best performing bonds were achieved using 1C PUR systems.

The mechanical properties of the WCH system were compared to reference hybrid systems made of LVL in the top layers and OSB in the middle layer, among others. Individual values proved that the WCH system was able to keep up with the reference system. However, due to the wide scattering of the characteristic values, the newly developed wall system is not yet competitive. This is primarily due to material failure in the top layers (delamination of the veneers). However, the WCH system can be classified as highly fire-retardant (F 60) and is thus eye to eye with a significantly thicker and denser magnum-board OSB (+ 20 mm, + 120 kg/m^3).