

Geschraubte Schubverbindungen in Brettsperrholz

Screwed connections for Cross-Laminated-Timber

Assemblage vissés pour le CLT en pression

Thomas Tannert
University of British Columbia
CA-Vancouver



Geschraubte Schubverbindungen in Brettsperrholz

1. Anwendung von Brettsperrholz in Kanada

Die meisten Kanadier leben in Holzhäusern. Während jedoch im frühen 20. Jahrhundert der Massivholzbau bis zu 10-stöckige Gebäude ermöglichte, ist heutzutage, als Folge der konservativen Normenentwicklung im 20. Jahrhundert, die Nutzung von Holz im Bauwesen weitgehend auf die Anwendung im niedriggeschossigen Holztafel-Wohnungsbau beschränkt. Und im Gegensatz zu Europa werden Holzprodukte im Industriebau wenig genutzt. Das steigende Interesse an nachhaltigen Baupraktiken und Baustoffen sowie die Einführung neuer flächiger Holzwerkstoffe, insbesondere Brett-Sperrholz-Platten (BSP) haben in Nordamerika im Allgemeinen (und Kanada im Besonderen) zu einem erhöhten Interesse der Holzverwendung ausserhalb des Wohnungsbaus geführt.

Externe Faktoren die der Holzindustrie zugutekommen sind der Ansatz der kanadischen nationalen Baunorm «National Building Code of Canada» (NBCC 2010), «Alternativen» zu ermöglichen, sofern sie die gleichen Anforderungen erfüllen, wie die in der Norm verankerten Standards. Eine weiterer externer Treiber ist der «Wood-First Act» (Bill 9-2009), ein Parlamentsbeschluss der Provinz British Columbia aus dem Jahr 2009, mit dem eine Kultur des Bauens und Wohnens mit Holz durch die bevorzugte Verwendung von Holz als Hauptmaterial in jedem staatlich finanzierten Gebäude geschaffen werden soll.

Weder die allgemeine Baunorm (NBCC 2010) noch die Holzbaunorm «Canadian Standard for Engineering Design in Wood» (CSA-O86-2014) bieten Berechnungsgrundlagen für BSP und in deren Anschlüsse. Die Fertigung von BSP in Nordamerika wird von der Produktnorm PRG 320-2012 (ANSI 2012) geregelt, Anwendungsmöglichkeiten und Berechnungsgrundlagen werden im BSP Handbuch bereitgestellt (Gagnon & Pirvu 2011). Speziell auf die Anwendung von Holz im Hochbau können Architekten und Ingenieure Anleitung aus zwei weiteren aktuellen Veröffentlichungen beziehen: «Technical Guide for the Design and Construction of Tall Wood Buildings in Canada» (Karacabeyli & Lum 2014) und «Use of Timber in Tall Multi-storey Buildings» (Smith & Frangi 2014).

«Aufgrund der grossformatigen Elementabmessung von BSP treten Bauteilanschlüsse nur in begrenztem Masse auf. Aus statischen Gesichtspunkten ist eine kraftschlüssige Verbindung zur Weiterleitung von Beanspruchungen zwischen den einzelnen Bauteilen erforderlich; die statischen Anforderungen werden üblicherweise durch stiftförmige Verbindungsmittel erreicht. Hier sind vor allem selbstbohrende Vollgewindeschrauben (VGS) zu nennen, die aufgrund ihrer leichten Handhabung eine einfache Montage garantieren und dabei leistungsfähige Anschlüsse erzeugen. Häufig werden VGS verwendet, die ihre grösste Leistungsfähigkeit erreichen, wenn sie in Richtung der Schraubenachse beansprucht werden, aber auch Beanspruchungen rechtwinklig zur Stabachse können übertragen werden.» (www.brettsperrholz.org)

Um BSP erfolgreich im Bauwesen einzusetzen, müssen auch die Verbindungen zwischen den einzelnen Platten (Wand zu Wand, Wand zu Decke, etc.) für die entsprechende Festigkeit, Steifigkeit und Nachgiebigkeit bemessen werden. Da BSP Platten selber sehr steif sind und wenig Energie absorbieren können, ist besonders die dritte Anforderung (Nachgiebigkeit) von grösster Bedeutung für eine erdbebensichere Bemessung an der Nordamerikas. Eine weitere Herausforderung besteht darin, dass die Nachgiebigkeit der Verbindungsmittel relativ einfach charakterisiert werden kann, das Verhalten ganzer Bauwerke zu beschreiben hingegen ist weiterhin eine anspruchsvolle Ingenieursleistung.

2. Experimentelle Untersuchungen

2.1. Überblick

Selbstbohrende VGS werden als Verbindungsmittel in Holz-Holz- und Stahlblech-Holz-Verbindungen und als Querzug- und Querdruckverstärkungen für tragende Holzkonstruktionen eingesetzt (Dietsch & Brandner 2015). Auch als Verbindungsmittel für BSP haben sich VGS bewährt. Allerdings sind VGS in keiner kanadischen Norm verankert,

sondern können nur mit Zuhilfenahme von produktspezifischen Zulassungen verwendet werden. Im Rahmen eines mehrjährigen Forschungsprojektes an der Universität von British Columbia in Vancouver (UBC) werden Verbindungen in BSP mit VGS untersucht. Dieser Beitrag bietet einen kurzen Überblick.

2.2. Schubverbindungen in BSP mit VGS

Es gibt eine Reihe von Optionen für Kontaktfugen für Schubverbindungen in BSP, im Rahmen des UBC Projektes wurden folgende fünf Möglichkeiten untersucht:

- i) «Single surface spline» mit VGS beansprucht auf Lochleibung (Abb. 1a)
- ii) «Half-lap» mit VGS beansprucht auf Auszug (Abb. 1b)
- iii) «Half-lap» mit VGS beansprucht auf Auszug (Abb. 1c)
- iv) «Half-lap» mit VGS beansprucht auf Auszug und Lochleibung (Abb. 1d)
- v) «Butt-joints» mit VGS beansprucht auf Auszug (Abb. 1e)

Diese Schubverbindungen wurden in 3-lagigem und 5-lagigem BSP angewendet.

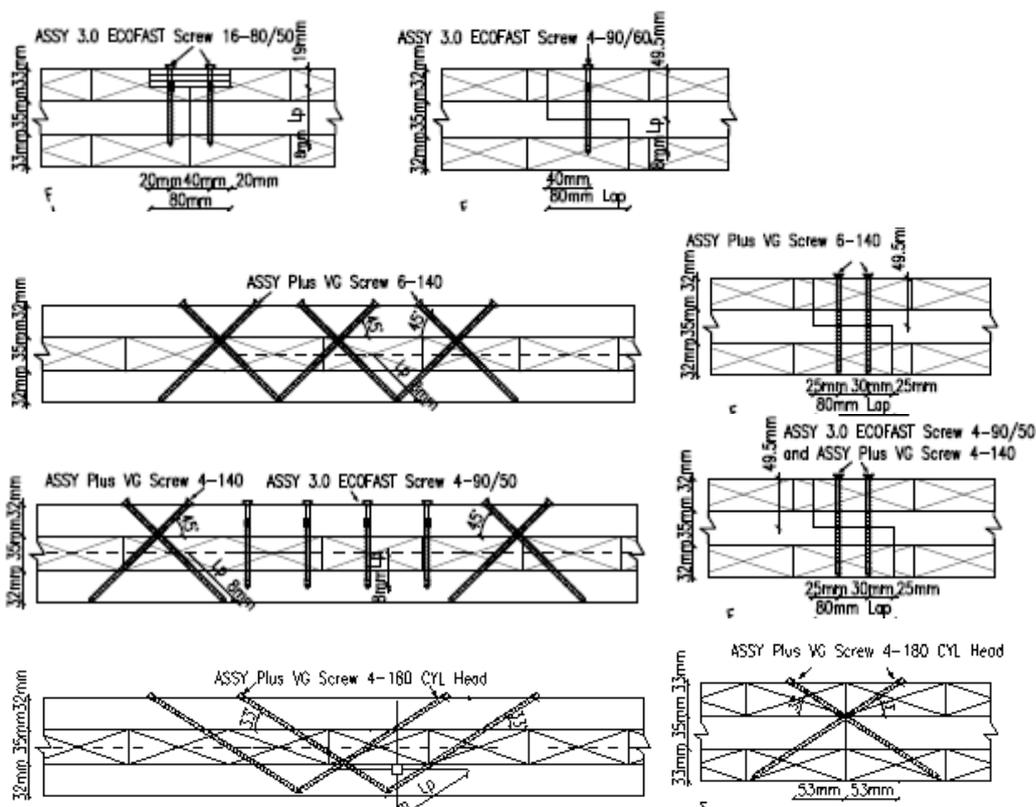


Abbildung 1: Untersuchte Schubverbindungen in BSP

2.3. Versuche mit monotoner Lasteintragung

Es wurden zwei Versuchsreihen mit mehr als 200 Tests nach EN-26891 (1991) durchgeführt. In der ersten Reihe wurden Versuchskörper bestehend aus drei BSP Elementen (jeweils 400 mm lang und breit) und zwei Schubfugen getestet (in diesem Beitrag nicht inbegriffen, siehe Hossain et al. 2015). In der zweiten Reihe wurden Versuchskörper bestehend aus zwei BSP Elementen (jeweils 700 mm lang und 200 mm breit) und einer Schubfuge getestet, siehe Abbildung 2.

Die Last-Verformungskurven der Verbindung (zusammengefasst in Abbildung 3) wurden ausgewertet hinsichtlich der Tragfähigkeit, Steifigkeit und Nachgiebigkeit. Je nach Beanspruchungsart der Schrauben konnte entweder Steifigkeit oder Nachgiebigkeit maximiert werden. Die Kombination aus Schrauben beansprucht auf Lochleibung und Auszug ermöglichte es beide Kriterien zu optimieren.



Abbildung 2: Versuchskörper: Spline-Joint (links) Lap-Joint (Mitte) Butt-Joint (rechts)

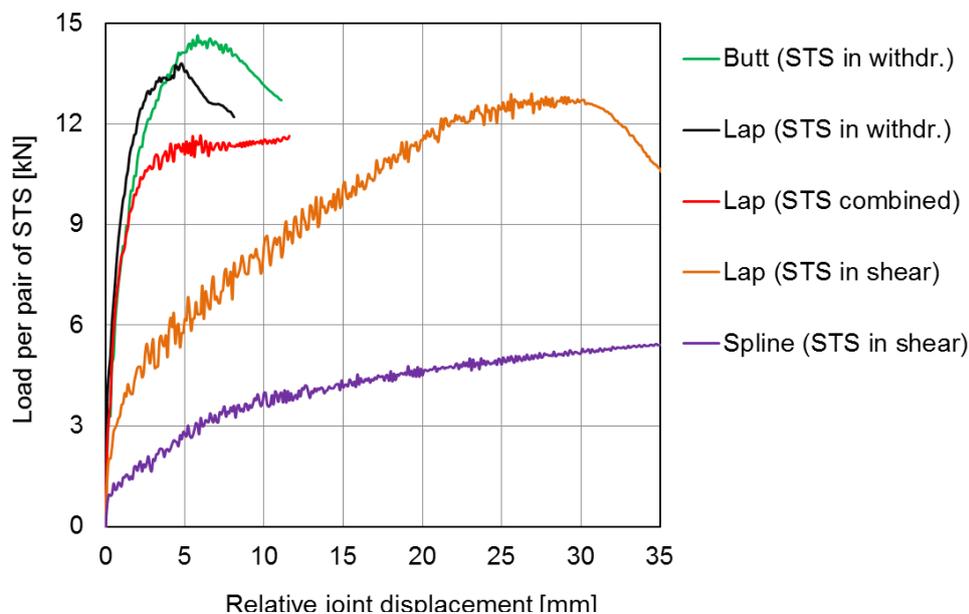


Abbildung 3: Mittlere Last-Verformungskurven der monotonen Lastversuche

2.4. Versuche mit zyklischer Lasteintragung

In einer weiteren Testreihe wurden ausgesuchte Schubverbindungen getestet mit einer weggesteuerten zyklischen Belastung (Abbildung 3 links). Die Prüfkörper hatten die in Abbildung 3 rechts dargestellte Geometrie.

Abbildung 4 zeigt exemplarisch die Resultate der Versuchsserie der «Lap-Joints» mit VGS beansprucht auf Auszug und Lochleibung. Die Überlagerung mit der monotonen Last-Verformungskurve zeigt, dass unter zyklischer Last ein ähnliches Tragverhalten erzielt wird. Analog den Versuchen mit monotoner Lasteintragung, konnte je nach Beanspruchungsart der Schrauben entweder Steifigkeit oder Nachgiebigkeit maximiert werden.

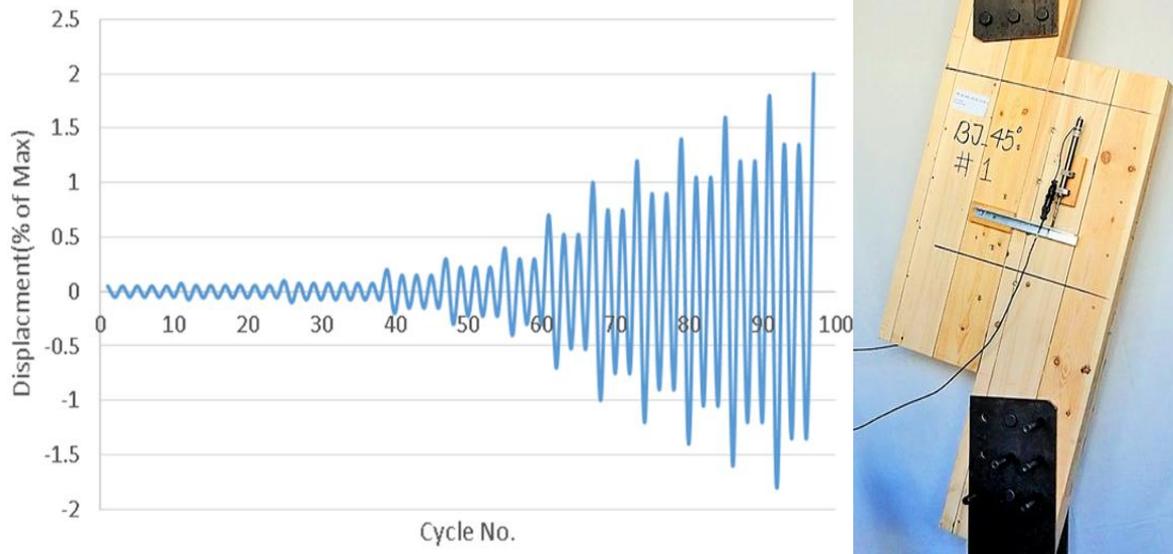


Abbildung 4: Zyklische Versuche: Lastprotokoll (links) und Versuchskörper (rechts)

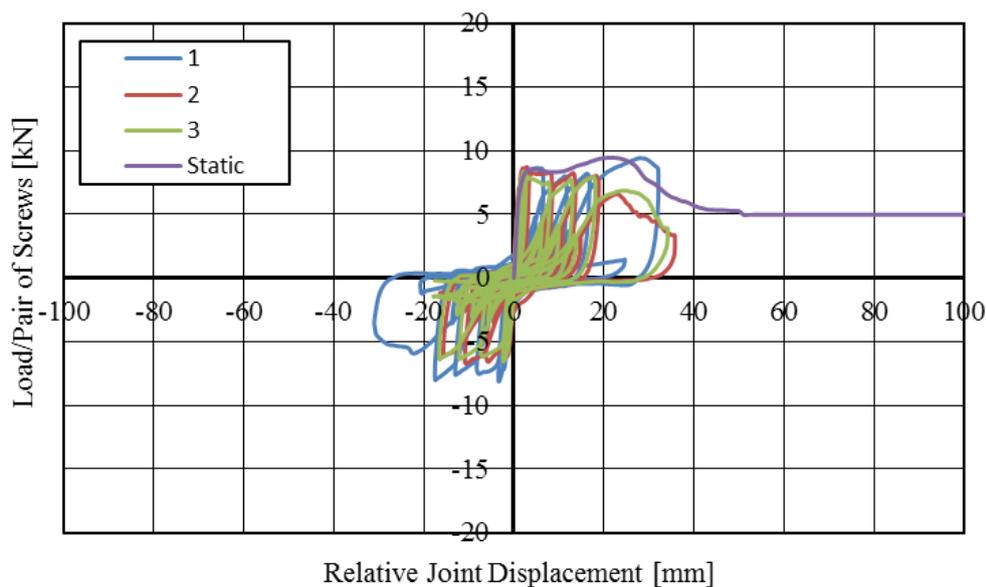


Abbildung 5: Last-Verformungskurven der zyklischen Lastversuche

2.5. Grossversuche

Zehn 3-lagen BSP Prüfkörper mit zwei Schubfugen (Abbildung 6 links) mit «Butt-Joints» (Abbildung 6 rechts), wurden unter monotoner und zyklischer Belastung getestet. Die resultierenden Last-Verformungskurven, die monotonen Kurven sind exemplarisch in Abbildung 7 wiedergegeben, wurden anhand von ASTM E2126-11 (2013) ausgewertet (Danzig et al. 2014). Das Tragverhalten welches an den Kleinversuchen ermittelt wurde, konnte anhand der Grossversuche bestätigt werden.

Die gewonnenen Daten tragen dazu bei, BSP-Bauten sicher zu bemessen und können für die nächste Ausgabe der kanadischen Holzbaunorm berücksichtigt werden. Die Arbeit an der UBC wurde in Zusammenarbeit mit MyTiCon Timber Connectors im Rahmen von MITCAS Elevate (Afrin Hoassain) und Accelerate (Ilana Danzig) Projekten und FPIInnovations (Marjan Popovski) durchgeführt. Das BSP Material wurde von Structurlam Ltd bezogen, MyTiCon stellte die SWG ASSY Schrauben zur Verfügung – das einzige Produkt, das derzeit eine Zulassung in Kanada besitzt (CCMC 2013).

4. Literaturverzeichnis

- [1] ANSI/APA PRG 320-2012 (2012) Standard for performance-rated cross-laminated timber. American National Standards Institute, New York.
- [2] ASTM E2126-11 (2013) Standard test methods for cyclic (reversed) load test for shear resistance of vertical elements of the lateral force resisting systems for buildings. ASTM International, West Conshohocken.
- [3] CCMC (2013) Evaluation Report CCMC 13677-R SWG ASSY VG Plus and SWG ASSY 3.0 Self-Tapping Wood Screws. Canadian Construction Materials Centre, Ottawa.
- [4] CSA O86-14 (2014) Engineering Design in Wood. Canadian Standards Association, Mississauga, Ontario, Canada.
- [5] Danzig I, Closen M, Tannert T (2014) High performance cross-laminated-timber shear connection with self-tapping screw assemblies. Proc WCTE 2014, Quebec, Canada
- [6] Dietsch P, Brandner R (2015) Self-tapping screws and threaded rods as reinforcement for structural timber elements. Constr Build Mater, 97:78–89.
- [7] EN-26891 (1991) Timber Structures, Joints made with Mechanical Fasteners, General Principles for the Determination of Strength and Deformation Characteristics. CEN European Committee for Standardization, Brussels.
- [8] Gagnon S, Pirvu C (eds) (2011) Cross Laminated Timber (CLT) Handbook. FPIInnovations, Vancouver.
- [9] Hossain A, Lakshman R, Tannert T (2015) Shear connections with self-tapping screws for cross-laminated-timber panels. Proc. ASCE Structures Congress, Portland, USA.
- [10] Karacabeyli E, Lum C (eds) (2014) Technical guide for the design and construction of tall wood buildings in Canada. Special Publication (SP-55E), FPIInnovations, Canada.
- [11] NBCC (2010) National Building Code of Canada. National Research Council of Canada. Ottawa.
- [12] Smith I, Frangi A (2014) Use of timber in tall multi-storey buildings. ISBN 978-3-85748-133-8, SED 13; IABSE, Zurich.
- [13] Wood First Act (2009) Bill 9-2009: 39th Parliament. British Columbia, Victoria.