Schub (Belastung in Scheibenebene)

Da nicht alle BSP-Produkte voll seitenflächenverklebt sind und selbst bei schmalseitenverklebten Produkten keine völlige Rissefreiheit garantiert werden kann, können die Schubspannungen nur in den Stirnholzflächen wirken, während die Schmalseiten spannungsfrei sind. Die Schubkräfte können daher nur indirekt über die Kreuzungsflächen mit den Brettern benachbarter Lagen übertragen werden. Aufgrund der in unterschiedlichen Ebenen wirkenden Querkräfte entstehen Torsionsspannungen in den Klebeflächen (siehe Abb. 1).

Abb. 1: Spannungen am RVSE: links: rissefreie und seitenverklebt, Mitte: Mechanismus I, rechts: Mechanismus II

Für beide Mechanismen (siehe Abb. 2, Mechanismus I – Querkraftschub, Mechanismus II – Torsion) sind getrennt Nachweise zu führen.

Abb. 2: Mechanismus I – Querkraftschub (links) und Mechanismus II – Torsion (rechts)

Das hier vorgestellte Nachweisverfahren nach [5][23] basiert auf der Verwendung von Repräsentativen Volumen-Elementen (RVE) bzw. Repräsentativen Volumen-Sub-Elementen (RVSE) und ist auf flächige BSP-Elemente mit Belastung in Scheibenebene anwendbar. Wird Brettsperrholz als stabförmigen Bauteil mit Belastung in Scheibenebene eingesetzt, sind davon abweichende Überlegungen zu treffen (siehe [32]). Ein RVSE hat die Abmessungen der Kreuzungsflächen zweier benachbarter Brettlagen mit der ideellen Ersatzdicke ti*. Die ideelle Ersatzdicke wird nach dem Schema in Tab. 1 bestimmt. Mit diesem Schema werden auch der Randeffekt einer endlichen Schichtanzahl sowie variable Schichtdicken berücksichtigt. Es stellt eine konservative Lösung dar, da bei stark unterschiedlichen Schichtstärken immer nur die kleinere der beiden angrenzenden Schichten in Rechnung gestellt wird.

Tab. 1: Schema zur Bestimmung der ideellen Ersatzdicken t_i^* einer n-schichtigen BSP-Scheibe

Knoten		
Knoten 1 (= Randknoten)	Schicht i = 1 außen Schicht i + 1 = 2 innen	$t_1^* = \min (2 \cdot t_1,t_2)$
Knoten i (1<i<n-1) (= Innenknoten)	Schicht i innen Schicht i + 1 innen	$t_i^* = \min (t_i,t_{i+1})$
Knoten n-1 (= Randknoten)	Schicht i = n-1 innen Schicht i + 1 = n außen	$t_{n-1}^* = \min (t_{n-1},2 \cdot t_n)$

Die ideelle Gesamtersatzdicke t* ergibt sich aus der Summe der ideellen Ersatzdicken ti* und ist immer kleiner oder maximal gleich der geometrischen Gesamtdicke der BSP-Scheibe tCLT.

$$\label{eq:eqn_1} {t^*} = \sum\limits_{i = 1}^{n - 1} {t_i^*}$$

Die anteilige Schubkraft je Klebefläche berechnet sich nach (33).

$$\label{eq:eqn_2} n_{xy,RVSE(i)}^* = {{{n_{xy}}} \over {{t^*}}} \cdot t_i^*$$

Die ideellen Schubspannungen τ*0,RVSE(i) der einzelnen Knoten berechnen sich nach (34). Es ist ersichtlich, dass die ideellen Schubspannungen aller Knoten gleich τ0* sind.

$$\label{eq:eqn_3} \tau _{0,RVSE(i)}^* = {{n_{xy,RVSE(i)}^*} \over {t_i^*}} = {{{n_{xy}}} \over {{t^*}}} = \tau _0^*$$

Mechanismus I – Querkraftschub

Die Größe der tatsächlichen Schubspannungen beim Mechanismus I wird nach (35) berechnet. Sie ist doppelt so groß wie die ideelle Schubspannung und für alle Knoten gleich.

$$\label{eq:eqn_4} {\tau _v} = 2 \cdot \tau _0^*$$

Durch Erfüllen der Gleichung (36) wird nachgewiesen, dass die Bemessungsspannung kleiner oder maximal gleich dem design-Wert auf der Widerstandsseite ist.

$$\label{eq:eqn_5} \left| {{\tau _{v,d}}} \right| \le {f_{v,CLT,d}} = {{{k_{\bmod }} \cdot {f_{v,CLT,k}}} \over {{\gamma _M}}}$$

Anmerkung: Für die Ermittlung der Schubspannungen in den Lamellen wird nicht von einer quadratischen Verteilung der Schubspannungen über die Bretthöhe ausgegangen, (τmax ist bekanntermaßen bei einem Rechteckquerschnitt um den Faktor 3/2 höher als eine konstant angesetzte Schubspannung), sondern von einer konstanten Verteilung der Schubspannungen. Dies kann deshalb angenommen werden, weil die Voraussetzungen der Stabtheorie nach ungestörten, konstanten Querkraftverläufen sowie Rändern mit freier Schubverwölbungsmöglichkeit hier nicht gegeben sind. Vielmehr ist davon auszugehen, dass die gegenseitigen Behinderungen durch die gesperrte Struktur bei der hier vorliegenden BSP-Scheibe eher zu konstanten Schubspannungsverteilungen führen werden. Abweichend von der zuvor erwähnten Methode sind in einigen Zulassungen die Nachweise für den Mechanismus I in Bezug auf den Nettoquerschnitt zu finden. Für BSP-Elemente mit konstanten Schichtstärken sind die Ergebnisse idente, jedoch bei unterschiedlichen Schichtstärken können Differenzen auftreten.

Mechanismus II – Torsion

Der Nachweis für den Mechanismus II ist für jede Knotenfläche (Klebefläche) des RVE zu führen. Maßgebend ist jenes RVSE mit der größten Ersatzdicke ti*, da hier das größte Torsionsmoment MT,i (siehe (37)) auftritt.

$$\label{eq:eqn_6} {M_{T,i}} = \tau _0^* \cdot t_i^* \cdot {a^2}$$

Die Torsionsschubspannung τT,i berechnet sich nach (38) aus dem jeweiligen Torsionsmoment in der Klebefläche MT,i und dem polaren Widerstandsmoment WP nach (39).

$$\label{eq:eqn_7} {\tau _{T,i}} = {{{M_{T,i}}} \over {{W_P}}} = {{\tau _0^* \cdot t_i^* \cdot {a^2}} \over {{{{a^3}} \over 3}}} = 3 \cdot \tau _0^* \cdot {{t_i^*} \over a}$$

$$\label{eq:eqn_8} {W_P} = {{{I_P}} \over {{a \over 2}}} = {{{a^3}} \over 3}$$

Das polare Widerstandmoment WP setzt sich aus dem polaren Trägheitsmoment der Klebefläche IP nach (40) und dem Randabstand a/2 zusammen.

\begin{equation} \label{eq:eqn_9} {I_P} = {I_y} + {I_z} = {{a \cdot {a^3}} \over {12}} + {{{a^3} \cdot a} \over {12}} = {{{a^4}} \over 6} \end{equation}

Mit Gleichung (41) wird überprüft, ob der Nachweis erfüllt ist oder nicht.

\begin{equation} \label{eq:eqn_10} \left| {{\tau _{T,d}}} \right| \le {f_{T,CLT,d}} = {{{k_{\bmod }} \cdot {f_{T,CLT,k}}} \over {{\gamma _M}}} \end{equation}

Wie beim Mechanismus I, wird auch der Mechanismus II in manchen Zulassungen geregelt. Jedoch sind die angegebenen Gleichungen oft nur für rechteckige BSP-Elemente mit konstanten Schichtstärken ohne Öffnungen und konstantem Schub gültig. Liegt dieser Fall vor, liefern die Methode mit den RVSE und die der Zulassung idente Ergebnisse. Bei stark unterschiedlichen Schichtstärken können jedoch deutliche Unterschiede auftreten.

From:
https://wiki.ihbv.at/ - **IHBV Wiki**

Permanent link:
https://wiki.ihbv.at/doku.php?id=clt:design:plate_loaded_in_plane:shear&rev=1445594419

Last update: **2019/02/21 10:22**
Printed on 2026/11/09 18:42