

Verschiebbliche Verbundrahmen wurden bislang als Tragstruktur von Gebäuden wenig verwendet, was zwei wesentliche Gründe hat. Erstens fehlen entsprechende vereinfachte Bemessungsverfahren für den Brandfall in den normativen Regelungen. Dies kann auf den seitlichen Drift der brandbeanspruchten Rahmen und den damit verbundenen Effekten nach Th.II.O. zurückgeführt werden, die eine Bemessung für den Brandfall gegenüber unverschiebblichen Strukturen erschweren. Zweitens ist die Konstruktion von Verbundbauanschlüssen für Randstützen technisch anspruchsvoll, so dass diese selbst in Verbundbaukonstruktionen häufig gelenkig ausgeführt werden.

Verschiebbliche Verbundrahmen bieten dennoch eine Reihe wichtiger Vorteile. Dazu gehören vergrößerter Nutzraum, erhöhte Flexibilität der Nutzung, große Spannweiten, schnelle Bauzeiten und integrierter Brandschutz. Insgesamt sind die Rahmen insbesondere für einfeldrige Bürogebäude mit höchstens drei Geschossen interessant, wofür die meisten Bauvorschriften in Europa eine Feuerwiderstandsklasse R60 verlangen. Um die Vorteile von Verbundrahmen nutzen zu können und ihr Tragverhalten unter Brandbeanspruchung besser zu verstehen, wurden sowohl experimentelle als auch numerische Untersuchungen durchgeführt.

Insgesamt ist das Tragverhalten der Knoten entscheidend für das Tragverhalten des gesamten Rahmens. Es wurden daher neue Verbundknoten entwickelt und sorgfältig detailliert, um die Feuerwiderstandsklasse R60 zu erreichen und die erwarteten großen Verformungen in brandbeanspruchten Verbundrahmen zu ermöglichen. In diesem Zusammenhang waren halbsteife Verbindungen wichtig, um das Biegemoment in den Knoten aufgrund der behinderten thermischen Dehnung des brandbeanspruchten Trägers zu begrenzen. Es wurde zusätzlich gezeigt, dass die verringerte Knotensteifigkeit die seitliche Verschieblichkeit des Rahmens unwesentlich beeinflusst. Demzufolge stellte es sich als vorteilhafter heraus, eine gewisse Verschieblichkeit des Rahmens zu akzeptieren und stattdessen große lokale Kräfte zu vermeiden, die durch steife Knoten angezogen werden. Die um die Stütze gelegte Deckenbewehrung war ein zentrales Element, um die Momententragfähigkeit des Knotens entsprechend anzupassen.

Um die Anwendbarkeit des Bemessungskonzeptes zu überprüfen, wurde im Rahmen des europäischen Forschungsvorhabens 'Unbraced Composite Structures in Fire' (UCoSiF) eine Reihe von Versuchen durchgeführt. Diese umfasste sowohl Verbundknotenversuche bei Raumtemperatur und unter Brandbeanspruchung als auch zwei großmaßstäbliche Brandversuche an Verbundrahmen. Insgesamt bestätigten alle Versuche das Bemessungskonzept für die Verbundknoten- und rahmen und bildeten die Grundlage für die Validierung der entwickelten numerischen Modelle. Die um die Stütze gelegte Deckenbewehrung bestimmte wie erwartet das Antwortverhalten sowohl der Verbundknoten als auch -rahmen. Durch das große Rotationsvermögen der getesteten Verbundknoten wurde zudem die Wirksamkeit einiger einfacher konstruktiver Maßnahmen bestätigt, um die Rotationskapazität zu erhöhen.

Darüberhinaus konnten die Verbundknoten in den Brandversuchen selbst bei hoher Ausnutzung die Feuerwiderstandsklasse R60 sicher erreichen. Schließlich ermöglichten die Rahmenversuche neue Einblicke in das Traglastverhalten bei Brandbeanspruchung.

Um das globale Tragverhalten von brandbeanspruchten Verbundrahmen analysieren zu können, wurde ein numerisches Modell erstellt. Mit Hilfe eines Untermodells konnte die Konstruktions- und Lastgeschichte für Verbundtragwerke simuliert werden. Zudem berücksichtigte das Modell die Interaktion von Schnittgrößen der Stütze im Bereich des Knotens. Diese Interaktion wurde bislang in der Bemessung von brandbeanspruchten

Tragwerken häufig vernachlässigt. Für die verschieblichen Verbundrahmen war die Interaktion allerdings sehr wichtig, da die Schnittgrößen bei den betrachteten Anschlüssen an Randstützen weder an benachbarte Tragstrukturen noch über eine Kopplung der Kräfte, wie z. B. an Innenstützen, abgetragen werden konnten. Zudem berücksichtigte das numerische Modell den Verlust des vertikalen Raumabschlusses. Die Validierung an den vier Brandversuchen für Verbundknoten sowie den beiden Brandversuchen an den Rahmen ergab eine gute bis exzellente Übereinstimmung.

Das numerische Modell wurde für Parameterstudien an brandbeanspruchten verschieblichen Verbundrahmen verwendet. Insgesamt unterstrichen die numerischen Studien die Wichtigkeit der halbsteifen Verbindungen. Zudem ergab sich, dass die Einspannung der Stützenfüße sowie eine ausreichende Steifigkeit der Stützen von entscheidender Bedeutung sind, um die Feuerwiderstandsklasse R60 zu erzielen. Auf der Grundlage der numerischen Studien wurde ein vereinfachtes Bemessungsverfahren vorgeschlagen, dessen Anwendbarkeit exemplarisch an Hand der Ergebnisse des validierten numerischen Modells für brandbeanspruchte verschiebliche Verbundrahmen aufgezeigt wurde.

Ergänzend wurde zu dem globalen Modell für die Verbundrahmen ein lokales Modell für einen beispielhaften halbsteifen Verbundbauanschluss an Randstützen entwickelt. Die Validierung gegen Versuchsergebnisse ergab, dass das Modell sowohl die Temperaturverteilung im Verbundknoten als auch dessen Antwortverhalten gut simulieren konnte. Die Ergebnisse der durchgeführten Studien bestätigten die zentrale Rolle der um die Stütze gelegten Deckenbewehrung. Es wurde zudem nachgewiesen, dass der nach dem vorgeschlagenen Bemessungskonzept erstellte Verbundknoten eine große Rotationskapazität aufwies.

Insgesamt zeigten die Untersuchungen, dass verschiebliche Verbundrahmen eine Alternative zu bestehenden Tragstrukturen für niedrige bis mittelhohe Gebäude darstellen. In dieser Arbeit wurden wesentliche technische Voraussetzungen geschaffen, um diese Art von Tragstruktur vermehrt einzusetzen.