



1

Vortragsinhalte

- CFK Lamellen (aufgeklebt, eingeschlitzt)
- Anwendungsmöglichkeiten und Grenzen
- Möglichkeiten der Verstärkung
- Verarbeitung und Vergleich zu Alternativen
- Brandschutz und hohe Temperaturen



A Simpson Strong-Tie® Company



2

2

Typen, Verbundeigenschaften und Bemessung

Aufgeklebte Lamellen



Schlitzlamellen



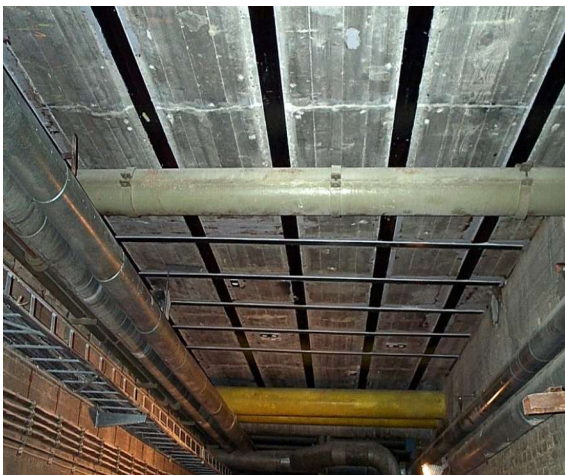
3

3

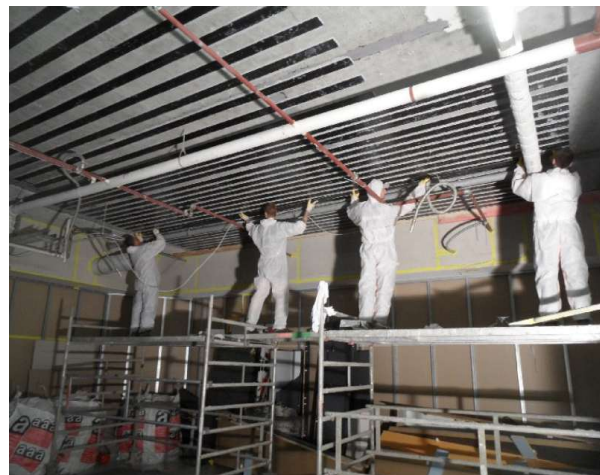
Typen, Verbundeigenschaften und Bemessung

Aufgeklebte Lamellen

Kreuzweise verklebt



Bei vorhandenen Installationen



4

4

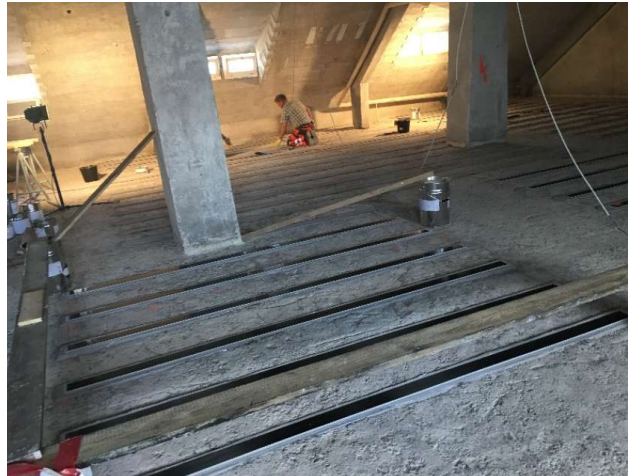
Typen, Verbundeigenschaften und Bemessung

Aufgeklebte Lamellen

seitlich verklebt

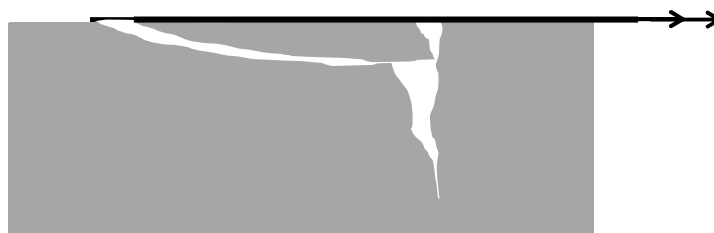


Verstärkung im Stützbereich



Typen, Verbundeigenschaften und Bemessung

Verbund wird über Zug in Beton eingeleitet



Nicht die Lamelle wird maßgebend sondern die Verbundbruchkraft des Betons

Beispiel:

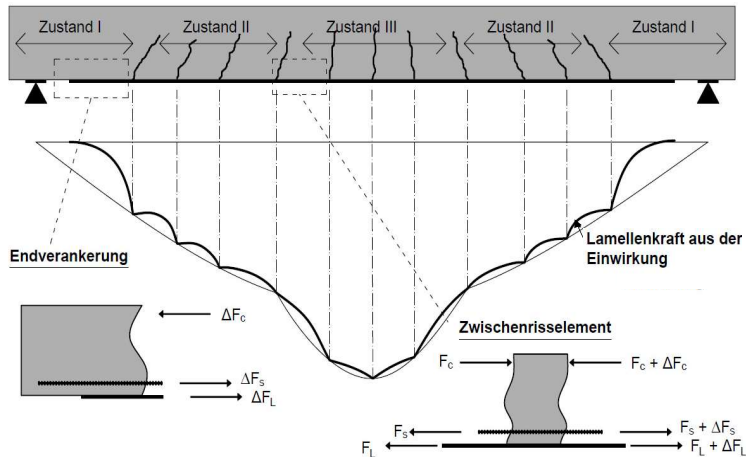
S&P CFK Lamelle 150/2000; 120/1,4 mm auf C20/25

Lamellenkraft: $F_{Lud} = 248 \text{ kN}$

Verbundbruchkraft: $F_{bL,Rd,max} = 25 \text{ kN}$ bei $1,5 \text{ N/mm}^2$ Haftzugfestigkeit

Typen, Verbundeigenschaften und Bemessung

Aufgeklebte Lamellen



- Zugkraft der Lamelle wird zwischen den Rissen verankert
- Nahezu komplette Ausnutzung der Zugfestigkeit (Teilsicherheitsbeiwerte)
- Verminderte Dehnung bei vereinfachtem Verfahren vereinfacht die Bemessung
- Verschiedene Möglichkeiten der Endverankerungsnachweise

Typen, Verbundeigenschaften und Bemessung

Erhöhung der Verbundkraft durch Anpressdruck (falls Verbund maßgebend wird)



Stahlflasche mech. verankert bei Decken

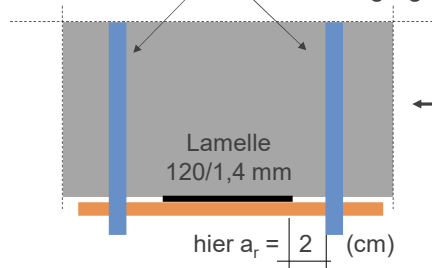


Bügelumschließung bei Unterzügen

Typen, Verbundeigenschaften und Bemessung

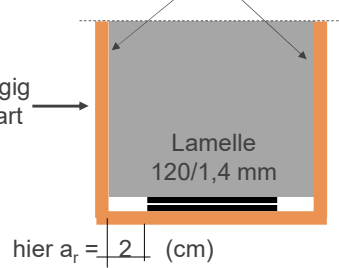
Erhöhung der Verbundkraft durch Anpressdruck

Klebeanker oder Gewindestange gekontert



Ergebnis unabhängig von Konstruktionsart

Mechanisch in Druckzone verankert



$$F_{bL,Rd} = 44 \text{ kN mit 6/60 mm Stahllasche}$$

$$F_{bL,Rd} = 74 \text{ kN mit 12/120 mm Stahllasche}$$

$$F_{bL,Rd} = 25 \text{ kN ohne Stahllasche}$$

$$F_{bL,Rd} = 80 \text{ kN mit 6/60 mm Stahllasche}$$

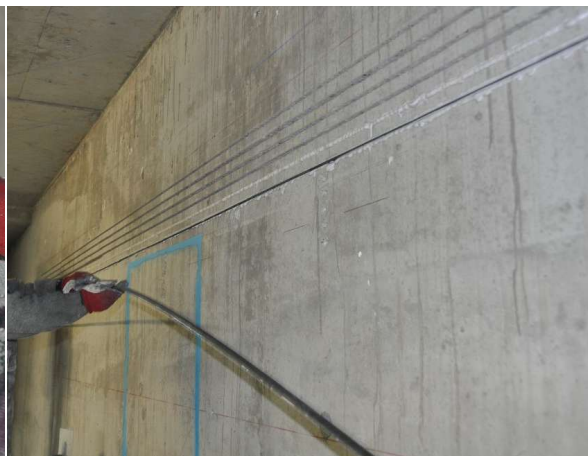
$$F_{bL,Rd} = 140 \text{ kN mit 12/120 mm Stahllasche}$$

$$F_{bL,Rd} = 35 \text{ kN ohne Stahllasche}$$

Typen, Verbundeigenschaften und Bemessung

Schlitzlamellen

Klebstoff wird vor Montage der Lamellen in den Schlitz eingebracht



Typen, Verbundeigenschaften und Bemessung

Betondeckung: ca. 5 mm > Lamellenhöhe Erhöhung der Betondeckung möglich



11

Typen, Verbundeigenschaften und Bemessung

Druckstreben im Beton bei Zugbeanspruchung (ähnlich Stabstahl)



Lamellenkraft lässt sich komplett verankern (abhängig von Verbundlänge)

Beispiel:

S&P CFK Lamelle 150/2000; 15/1,7 mm in B25

Lamellenkraft: $F_{LRd} = 35,9 \text{ kN}$

Verbundbruchkraft: $F_{bL,Rd(lb500)} = 20,5 \text{ kN}$ (mit neuer Zulassung auf ca. 220 mm reduziert)

Verbundbruchkraft: $F_{bL,Rd(lb1100)} = 35,9 \text{ kN}$ (mit neuer Zulassung auf ca. 600 mm reduziert)

12

Typen, Verbundeigenschaften und Bemessung

Mithilfe von Software lässt sich die Verstärkung relativ einfach bemessen

The screenshot shows the 'FRP Lamella' software interface. On the left is a navigation tree with the following structure:

- Allgemeine Angaben
 - Projekt
- Querschnitt
 - Geometrie
 - Beton
 - Stahl
 - Biegebewehrung
 - Hauptbewehrung
 - Endbereich
- Beanspruchungen
 - unverstärkter Zustand
 - verstärkter Zustand
- Biegeverstärkung
 - FRP System
 - FRP Querschnitt
 - FRP Zugverankerung am ZRE
 - Verankerung
 - FRP Ende links
 - FRP Ende rechts
 - am Auflager
 - Querkraftverstärkung
- Querschnittswerte
 - Biegeverstärkung
 - Dimensionierung
 - GZT Dehnungen
 - GZT Dehnungen/Spannungen
 - Verbundkraftübertragung am ZRE
 - FRP-Lage 1
 - FRP-Lage 2
 - FRP-Lage 3
 - Verankerung
 - FRP Ende links
 - FRP Ende rechts
 - am Auflager

The main window displays the 'FRP Lamella' title and the S&P logo. It includes input fields for 'Projekt Nr.', 'Position Nr.', and 'Pos. 1 - Feld 1; X-Richtung'. Below these are sections for 'Querschnittswerte' (Cross-section values) with input fields for 'Querschnittsfäche' (Cross-sectional area), 'Trägheitsmoment' (Moment of inertia), 'Schwerachse' (Centroid axis), and 'Widerstandsmomente' (Resistance moments).

- Bemessungsprogramm gemäß DAfStb-Richtlinie oder anderen geltenden Regelwerken
- Sämtliche prüffähigen Nachweise
- Bemessungsausdrucke mit allen relevanten Angaben

Anwendung von CFK Lamellen

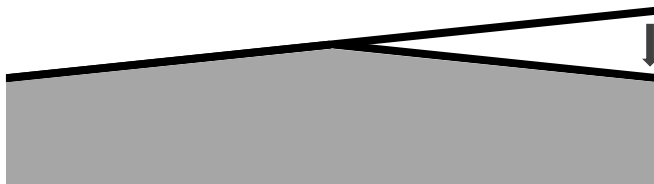
Einsatz von CFK Lamellen im Bereich fehlender Zugbewehrung

- Decken, Unter-/ Überzüge, Wände
- Lasterhöhung, korrodierte oder fehlende Bewehrung, Systemänderung
- Durchbrüche/ Kernbohrungen bei Decken oder Wänden bzw. Unterzüge
- Keine rechnerische Begrenzung der Verstärkung
(sofern alle Nachweise erbracht sind)
- Extern aufgeklebte Lamellen erste Wahl bei Biegeverstärkungen
- Schlitzlamellen meist im Bereich reiner Zugverstärkungen (ggf. oberseitig)

Anwendung von CFK Lamellen

Grenzen der CFK Verstärkung

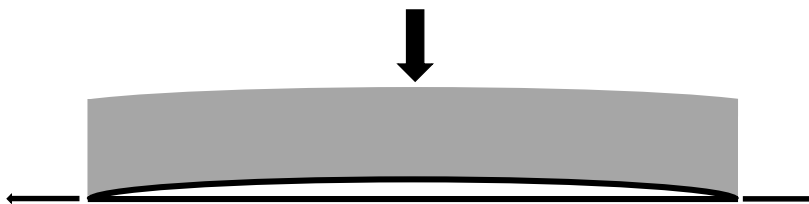
- Geometrie
 - Knicke jeder Art



Anwendung von CFK Lamellen

Grenzen der CFK Verstärkung

- Geometrie
 - Knicke jeder Art
 - Konkave Krümmung/ Überhöhung > 5 mm auf 2000 mm



Anwendung von CFK Lamellen

Grenzen der CFK Verstärkung

- Geometrie
 - Knicke jeder Art
 - Konkave Krümmung/ Überhöhung > 5 mm auf 2000 mm
 - Aufgehende Wände und Unterzüge

Anwendung von CFK Lamellen

Grenzen der CFK Verstärkung



Anwendung von CFK Lamellen

Grenzen der CFK Verstärkung

- Geometrie
 - Knicke jeder Art
 - Konkave Krümmung/ Überhöhung > 5 mm auf 2000 mm
 - Aufgehende Wände und Unterzüge
- Platzbedarf (z.B. bei maßgebender Druckzone, zu hoher Verstärkungsgrad...)

Verarbeitung und Vergleich zu Alternativen

Verarbeitung der CFK Verstärkung

- Untergrundvorbereitung durch Strahlen, Schleifen oder Nadelpistole
- Konfektionierung und Reinigung der CFK Lamellen
- Klebstoffauftrag und Montage



Verarbeitung und Vergleich zu Alternativen

Alternative Verstärkungsmethoden...

- Erhöhung Eigengewichts, Verlust des Lichtraumprofils, lange Aushärtung
- Zusätzliche Unterstüzungen während und evtl. nach Montage
- Aufwendiger Transport, hohe Logistikkosten



21

21

Verarbeitung und Vergleich zu Alternativen

... im Vergleich zu CFK Lamellen

- Leichtes Handling
- Kein Raumverlust
- Keine Unterstüzung während Aushärtung
- Nach ca. 18 h – 36 h voll belastbar
- Kein zusätzliches Eigengewicht
- Wirtschaftliche Baustelleneinrichtung



22

22

Brandschutz und hohe Temperaturen

Kohlenstofffasern sind
hochwärmebeständig

T_g : Matrixharz: ca. 130 °C
(thermische Aushärtung)

T_g : Epoxydharzkleber ca. 50 °C

SIMPSON
Strong-Tie

23

Brandschutz und hohe Temperaturen

S&P
A Simpson Strong-Tie Company

Bauteiltemperatur im Brandfall ca. 1000 °C nach 90 min. (ETK)

=> Problem: herkömmliche Brandschutzsysteme nicht wirksam

=> Brandschutzsystem für Klebeverstärkungen

- Trägt ca. 7 – 9 cm stark auf bei R90
- baulicher Brandschutz (Prüfberichte und Gutachten)

=> Brandbemessung

Im Idealfall ist die Tragfähigkeit im Brandfall ohne Verstärkung gegeben. Die Lamellen dürften planmäßig ausfallen

24
SIMPSON
Strong-Tie

24

Brandschutz und hohe Temperaturen

Brandbemessung gemäß DIN EN 1992-1-2

- Bemessung mit charakteristischen Lasten
- Abminderung der Nutzlasten über ψ_2 -Faktoren (Bsp. 0,3 für Wohnräume; 0,0 – 0,2 für Schnee...)
- Abminderung der Stahlfestigkeiten in Abhängigkeit von Stahlrandabstand
 - Erhöhung der Betondeckung/ Stahlrandabstand möglich
 - Beplankung nach kleben der Lamellen als baulicher Brandschutz des Bauteils; nicht zum Schutz der CFK Lamellen

Brandschutz und hohe Temperaturen

Überbau mit Asphalt

Forschungsvorhaben der Empa 2017 -

Temperaturstabilität und Dauerhaftigkeit von geklebten

CFK-Lamellen im Brückenbau

- Verbund im Zusammenspiel von Klebstoff und heißem Gussasphalt
- Verbundsystem im Hinblick auf die jahreszeitlichen Temperaturschwankungen

Brandschutz und hohe Temperaturen

Überbau mit Asphalt



- Erhöhte Temperaturen durch Sonneneinstrahlung im Sommer
- Max. Temperatur auf Höhe CFK Lamelle/ Klebstoff ca. 35 °C – unbedenklich
- Großversuche unter Ermüdungslast bei 50 °C:
 - Resttragfähigkeit bei 2 Millionen Lastwechseln nicht negativ beeinflusst
 - Keine signifikanten Kriechverformungen im Langzeitüberwachungssystem
 - keine negativen Einflüsse auf Ermüdungsverhalten bei einer Versuchstemperatur von 50 °C

CFK Lamellen ...

- ... bei fehlender Zug- bzw. Biegebewehrung
- ... bieten häufig die wirtschaftlichste und ästhetischste Lösung
- ... sind dauerhaft und können bei vorhandenen Installationen verklebt werden
- ... mit verschiedenen Bemessungsmöglichkeiten je nach Bauteilsituation
- ... können meist ohne zusätzliche Brandschutzbeplankung verklebt werden