

## 7. Umwicklung von Drucksäulen

Zur Erhöhung der Bauteilduktilität werden tiefmodulige Gewebe aus Glas- oder Aramidfasern verwendet. Da der Rohmaterialpreis für Glasfasern erheblich geringer ist als der Preis für Aramidfasern, kommen üblicherweise Glaserfaserprodukte (S&P G-Sheet 90/10 E oder AR) zum Einsatz. Aramidgewebe (S&P A-Sheet 120) werden idealerweise als Aufprall- oder Explosionsschutz appliziert.

Durch Pull-Push-Tests wurde die Duktilitätsverbesserung von unterschiedlichen FRP Systemen aufgezeigt. Es wurden zwei FRP Umwicklungen mit einer Referenzstütze verglichen:

- S&P C-Sheet 240 (E-Modul 240'000 N/mm<sup>2</sup>) => 1.0 kg in Umschnürungsrichtung
- S&P G-Sheet 90/10 (E-Modul 65'000 N/mm<sup>2</sup>) => 3.6 kg in Umschnürungsrichtung

Da der E-Modul der G-Faser nur ca. 25 % des E-Moduls der C-Faser beträgt, wurde für den Vergleich das vierfache Flächengewicht (in Umschnürungsrichtung) des G-Sheet 90/10 appliziert.

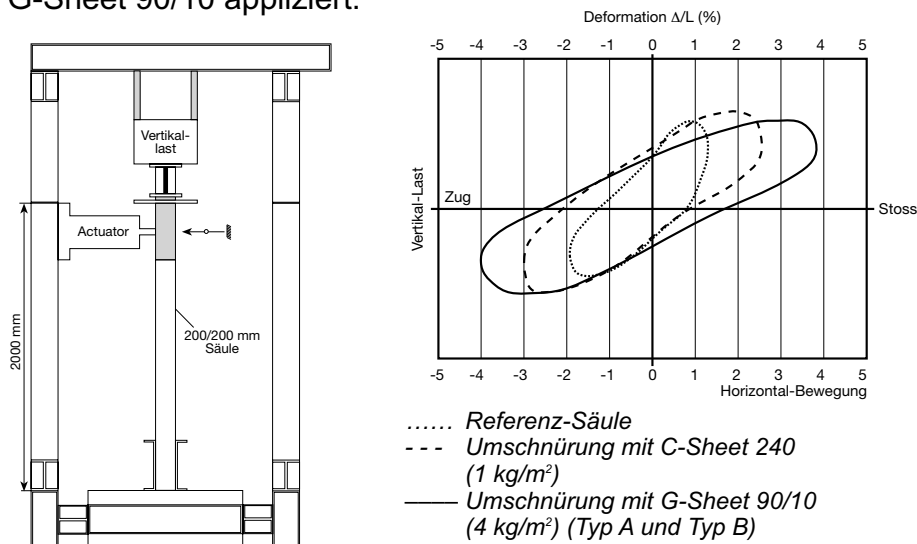


Bild 27: Pull-Push-Test

Bild 28: Ergebnis eines Pull-Push-Tests

Die Versuchsergebnisse zeigen deutlich das duktilere Verhalten einer mit 4 kg G-Fasern in Umschnürungsrichtung verstärkten Stütze im Vergleich zu einer Stütze, die mit 1.0 kg C-Fasern verstärkt wurde. Entsprechend werden Stützbauteile in seismisch gefährdeten Gebieten vorwiegend mit G-Fasern umwickelt (siehe Kapitel 11).

Infolge des erhöhten Abminderungsfaktors auf die Faserkennwerte von E-Glas-FRP Systemen, wird in der Praxis oft 7 kg E-Glas-FRP einer 1 kg C-240-FRP Verstärkung gleichgesetzt.

In Grossversuchen an der Techn. Universität Gent (B) wurden runde Stützen von 2.0 m Höhe mit einem Durchmesser von 400 mm mit unterschiedlichen FRP Systemen umschnürt.

- FRP Systeme:
- S&P C-Sheet 240 (Gelege)
  - S&P C-Sheet 640 (Gelege)
  - Carbon/Glas Hybrid (Gewebe)
  - Glas-Sheet (Gewebe)

Danach wurde die Erhöhung der axialen Druckfestigkeit infolge der FRP Umwicklung geprüft. Um eine identische Steigerung der Druckfestigkeit zu erzielen, waren folgende Fasermengen in der Umschnürungsrichtung notwendig:

- S&P C-Sheet 240 (Gelege) 1.0 kg C-Fasern
- S&P C-Sheet 640 (Gelege) 1.6 kg C-Fasern
- Carbon/Glas Hybrid (Gewebe) 2-3 kg Fasern
- Glas-Sheet (Gewebe) ~ 4.0 kg G-Fasern (3.6 kg Umschnürung, 0.4 kg Vertikal)

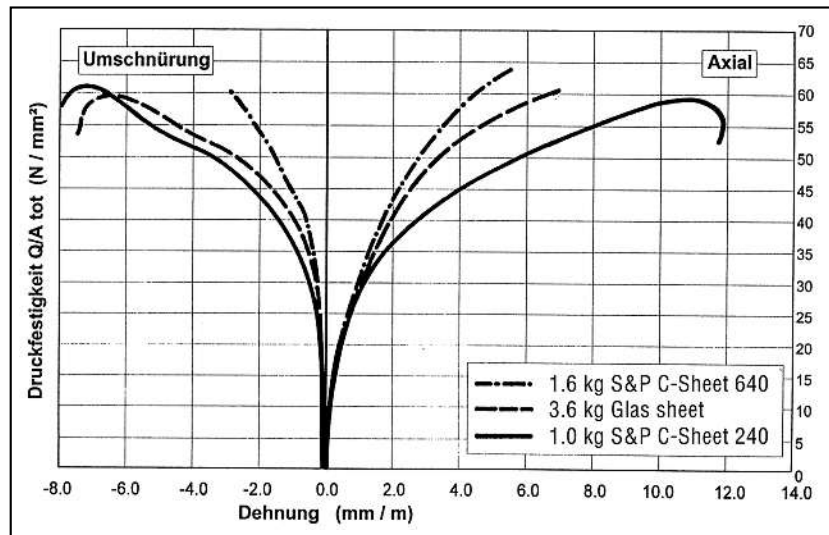


Bild 29: Versuchsergebnisse Techn. Universität Gent (B)

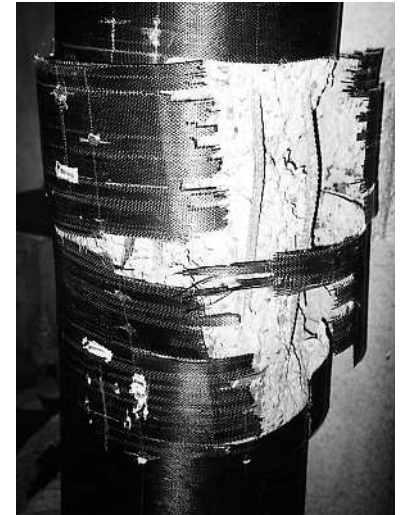


Bild 30: Schadensbild nach der Belastung

Eine Umschnürung mit dem S&P C-Sheet 240 eignet sich zur Verstärkung von Druckbauteilen. Mit einem Kilogramm C 240-Fasern in Umschnürungsrichtung wurden identische Werte erzielt wie mit 3.6 Kilogramm G-Fasern.

Versuchsergebnis der mit 5 Lagen S&P C-Sheet 240 ( $5 \times 200 \text{ g/m}^2 = 1 \text{ kg/m}^2$ ) umschnürten Drucksäule:

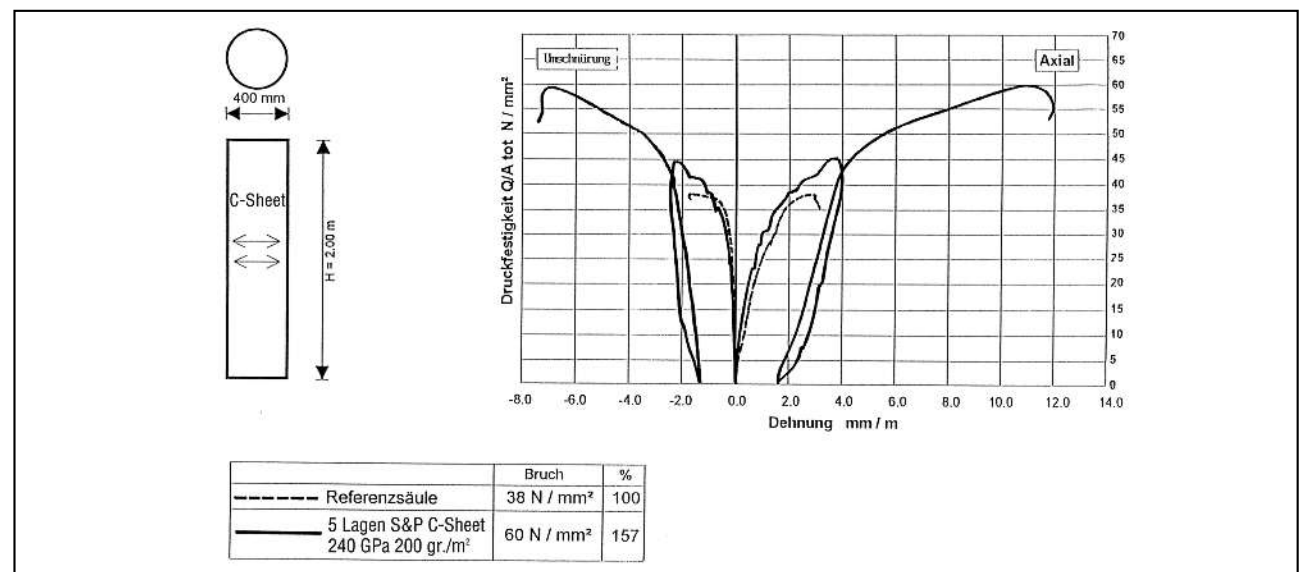


Bild 31: Versuchsergebnisse der Techn. Universität Gent (B)

Mit der FRP Umschnürung konnte die Druckfestigkeit um 57 % erhöht werden. Im Bruchzustand betrug die Axialverformung der verstärkten Säule 11 mm/m. Im Gebrauchszustand ist diese Axialverformung nicht erwünscht. Entsprechend wird die C-Faserumwicklung zur Abdeckung der Sicherheitsreserve im Bruchzustand appliziert. Ein maximaler Verstärkungsgrad von 1.8 – 2 ist somit realistisch.

Die Bemessung von axialbelasteten Drucksäulen erfolgt mit der Software FRP Colonna.

S&P empfiehlt folgende **Überlappungslängen**:

<b>S&amp;P C-Sheet</b>	<b>150 mm in Faserrichtung</b>
<b>S&amp;P A-Sheet</b>	<b>120 mm in Faserrichtung</b>
<b>S&amp;P G-Sheet</b>	<b>100 mm in Faserrichtung</b>

## 7.1 Vorgespannte Umwicklungen von Drucksäulen

Durch Vorspannung der S&P A-Straps (200 kN/m<sup>1</sup> Säule) wird eine definierte Ringwirkung in die Säule eingeleitet, ohne dass eine Vertikalstauchung erforderlich ist. Die Risse in der bestehenden Betonkonstruktion werden dank der Vorspannung geschlossen. Ein frühzeitiges Ausbrechen der Ecken der Betonstütze unter dem FRP wird somit durch die externe Vorspannung verhindert. Vorgespannte S&P A-Straps eignen sich um die Gebrauchstauglichkeit von runden sowie rechteckigen Säulen zu verbessern.

Durch die Vorspannung können somit höhere Verstärkungsgrade realisiert werden.

Erste Versuchsergebnisse, welche zusammen mit der FH Fribourg ausgeführt wurden, bestätigen das neue Verstärkungskonzept.

Axiale Druckfestigkeit an unarmierten Kurzstützen an der FH Fribourg (CH)

Stützenabmessungen:

Seitenlänge = 20/20 cm  
 Höhe = 65 cm  
 Kantenradien = 2.5 cm

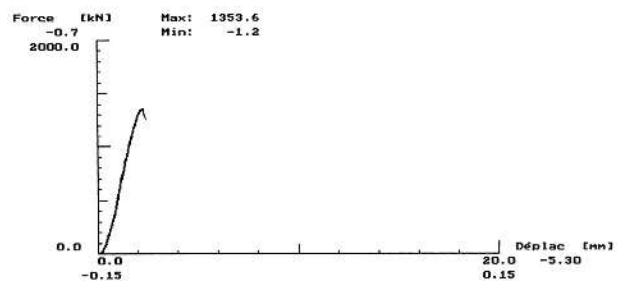


Bild 32: **Referenzstütze unverstärkt**  
Bruch 1353 kN

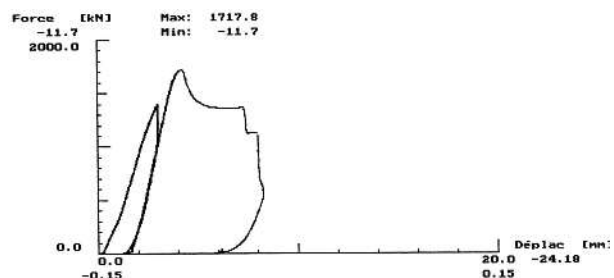


Bild 33: **Verstärkte Stütze**  
(Vorspannung S&P A-Strap 200 kN/m Stützhöhe) Bruch 1718 kN



Bild 34: Versuch Fribourg (CH)

### Versuchsinterpretation:

Die Druckfestigkeit der unarmierten quadratischen Kurzstütze konnte ohne grosse Axialstauchung um 27% erhöht werden.

Weitere Versuchsreihen, ausgeführt an der FH Stuttgart, haben die Versuchsergebnisse bestätigt.