

## 11. Seismische Nachverstärkung von Mauerwerk mit S&P FRP Systemen

Mauerwerk ist kostengünstig und entsprechend eine weltweit verbreitete Bauweise. Dank den guten bauphysikalischen Eigenschaften wird Mauerwerk auch in Zukunft vielfach eingesetzt werden. Die Qualität und die Festigkeit des Mauerwerks sind infolge unterschiedlicher Stein- und Mörtelqualitäten grossen Schwankungen unterworfen. Die seismische Sanierung von Mauerwerk spielt bei der Bauwerkserhaltung eine zunehmend wichtigere Rolle.

In der Vergangenheit wurden zur Verstärkung von Mauerwerk verschiedene Methoden entwickelt:

- Nachverstärkung mit armierten Spritzbeton-/Spritzmörtelschichten.
- Erhöhung des Tragwiderstandes des Bauwerkes durch externe Vorspannung.
- Stahleinbauten (Ausfachen des Stahlbetonrahmens)

Herkömmliche Methoden weisen folgende Nachteile auf:

- Das Gesamtgewicht der Struktur wird erhöht. Entsprechend werden die massgeblichen Erdbebenersatzkräfte zunehmen.
- Infolge von Adhäsionsproblemen an der Kontaktzone Mauerwerk und Spritzmörtel wird die Verstärkung nur teilweise wirksam.
- Die Innengeometrie wird verkleinert.
- Durch externe Vorspannsysteme entstehen zusätzlich Druckkräfte, dadurch wird in mehrstöckigen Gebäuden das Mauerwerk in den unteren Stockwerken oft überbeansprucht.
- Verstärkungssysteme mit Stahlnetzen und Stahlrahmen sind korrosionsanfällig und müssen dementsprechend geschützt werden.
- Aussteifungen mit Stahlrahmen erhöhen die Widerstände zwar wesentlich, sind aber ästhetisch problematisch und oft nur unter grossem logistischen Aufwand anzubringen.

Bei Sanierungsmassnahmen mit FRP werden die oben aufgelisteten Nachteile weitgehend umgangen. FRP Sanierungen benötigen weniger Platz und korrodieren nicht.

### Mauerwerkverstärkung mit S&P G-Sheet AR 50/50

Die Verstärkung von Mauerwerk mit Glasgeweben ist dann anzuwenden, wenn primär die Duktilität einer Tragwand erhöht werden soll und die Verbesserung des Tragwiderstandes eine untergeordnete Bedeutung hat. Bei der Verstärkung von erdbebengefährdeten Tragwänden ist eine gleichmässige Verteilung der Risse über die gesamte Wandoberfläche anzustreben. Die Risse sollen sich bereits bei minimaler Erdbebeneinwirkung öffnen können, um entsprechend die Duktilität zu verbessern. Das S&P G-Sheet 50/50 aus der tiefmoduligen Glasfaser eignet sich für diese Anwendung. Durch die verstärkte Mauerwerkswand werden keine zusätzlichen Schnittkräfte angezogen.

Die Verstärkung mit S&P G-Sheet 50/50 erfolgt einseitig auf der Innen- oder Aussenseite des Bauteils. Dank der wasserdampfdurchlässigen Matrix S&P Resicem kann die Beschichtung vollflächig erfolgen. S&P Resicem hat ein Wasserdampfdiffusionsbeiwert  $\mu_{H_2O} = 3'000 - 5'000$ .

## Mauerwerkverstärkungen mit S&P Lamellen CFK

Im Verstärkungskonzept werden CFK-Lamellen diagonal über ein bestehendes Mauerwerk angeordnet und in den angrenzenden Betonbauteilen verankert. Versuche an der EMPA Dübendorf (CH) zeigen, dass die Zugkraft einer CFK-Lamelle von 50 mm Breite und 1.2 mm Dicke beim Einschlitzen in eine Tiefe von 25 - 30 cm in einem angrenzenden Betonbauteil verankert werden kann. Mauerwerk, das mit dieser Methode verstärkt wurde, verhält sich bis etwa 2/3 der maximalen Schubkraft  $V_{A,max}$  elastisch. Siehe dazu Figur 18. Infolge des Ablösens der CFK-Lamelle unter Krafteinwirkung vom Mauerwerk, kann in den oberen Verformungsstufen die Deformation stark gesteigert werden, ohne dass der Tragwiderstand wesentlich zunimmt. Die Mauerwerkswände verfügen über grosse Verformungsreserven, wodurch eine hohe Duktilität erreicht wird. Die Erdbebenresistenz (Wand BW6) kann gegenüber einer nicht verstärkten Tragwand (Referenz BW5) um den Faktor 4.3 gesteigert werden. Wie Figur 18 zeigt, kann die Duktilität der Wand mehr als verdreifacht und zugleich der Tragwiderstand um den Faktor 1.4 gesteigert werden. Die CFK-Lamelle wurde im Versuch einseitig angeordnet.

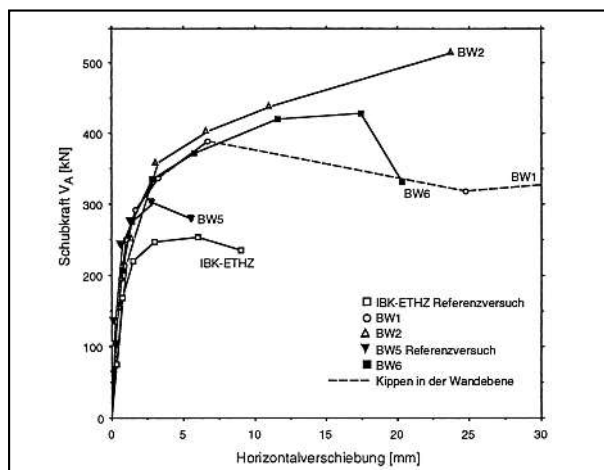


Bild 43: Vergleich FRP verstärktes Mauerwerk mit Referenzversuch

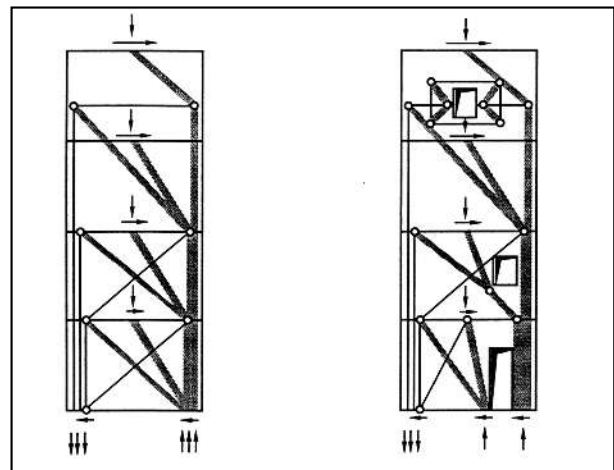


Bild 44: Tragwand ohne und mit Öffnungen

## Tragwandsysteme

Die horizontale, dreieckförmig verteilte Erdbebenersatzkraft  $Q_{acc}$  sowie Eigengewicht und Nutzlast greifen in den Geschosdecken an und müssen über die Tragwände abgeleitet werden (Figur 19). In den Tragwänden der untersten Geschosse entstehen infolge der dreieckförmig verteilten Ersatzkraft  $Q_{acc}$  grosse Schubkräfte, kombiniert mit grossen Normalkräften. Der Tragwiderstand wird durch das ungünstige Verhältnis von Normalkraft zu Schubkraft oftmals überschritten. Der Biege widerstand ist im Gegensatz zum Schubwiderstand meistens ausreichend. Somit ist in den untersten Geschossen eine Verstärkung anzuordnen, welche die hohen Schubkräfte über zug- und druckbeanspruchte Diagonale ableitet.

Die Anordnung der Verstärkung ist wesentlich von der Schnittkraftkombination  $M_z$ ,  $N_x$  und  $V_y$  abhängig. Für die kritischen Tragwände in den untersten und obersten Geschossen resultieren unterschiedliche Anforderungen an die Verstärkung. In Figur 19 ist aufgezeigt, wie die Resultierenden um Aussparungen herumgeführt werden. Die notwendigen Verstärkungen können konzentriert als Lamellenverstärkung oder aber verteilt als Gewebeverstärkung angeordnet werden. Speziell zu untersuchen sind die Verankerungen der Lamellen und die Bereiche der maximal beanspruchten Druckzonen der Tragwände. Das aufgeführte Beispiel zeigt klar, dass die Methode der Spannungsfelder sehr universal eingesetzt werden kann.