

Verstärkung von Stahlbetonbauteilen – Praxisbericht

Dr.-Ing. Christoph Hankers; Torkret Substanzbau AG, Hamburg
Dipl.-Ing. Dirk Matzdorff; planzwo GmbH, Hamburg

Problemstellung

Bei der Sanierung eines Büro- und Geschäftshaus in renommierter Lage in Prag wurden während der Bauausführung erheblich größere Lagerflächen und zusätzliche Technikräume erforderlich als ursprünglich geplant. Zum Zeitpunkt dieser Änderung war das alte Bauwerk bereits komplett entkernt und der Rohbau des 6-geschossigen Gebäudes war unter teilweiser Erhaltung der bestehenden Mauerwerksaußenwände in Stahlbetonbauweise ausgeführt. Die Gebäudeabmessungen betragen ca. 75 x 30 m. Die vorhandenen Decken wurden als punktgestützte Flachdecken mit schlaffer Bewehrung hergestellt. Die Stützen mit einem Durchmesser von 80 cm waren in einem Raster von 12,8 x 13,1 m angeordnet. Die geänderte Nutzung machte gravierende Eingriffe in den Rohbau notwendig um den Abriss und „erneuten“ Neubau zu vermeiden.

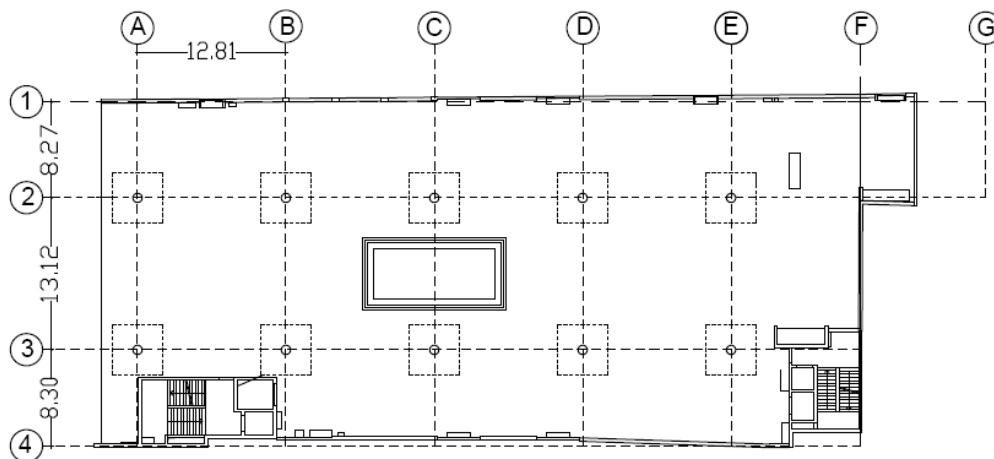


Bild 1 Grundriss

Die Nachrechnung unter Berücksichtigung der zusätzlichen Lastannahmen hat ergeben, dass neben der Durchstanzsicherheit im Bereich der Stahlbetonstützen auch die Biegetragfähigkeit der Deckenplatten in den Endfeldern nicht mehr ausreichend war.

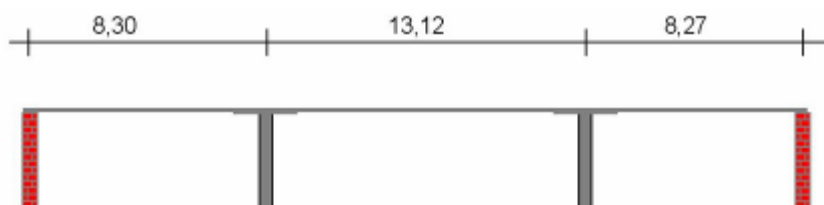


Bild 2 Schnitt

Aufgrund der bereichsweise hohen Verstärkungsgrade waren aufgeklebte CFK Lamellen als Biegezugverstärkung nicht anwendbar. Bei Spritzbeton in Verbindung mit Betonstahlbewehrung wäre das zusätzliche Eigengewicht zu groß geworden. Die Verstärkung der Geschossdecken erfolgte daher mit textilbewehrten Spritzbeton. Die Durchstanzsicherheit wurde in Form von nachträglich eingebauten Gewindestangen in Kombination mit Spritzbeton gewährleistet. In diesem Praxisbericht werden die beiden ausgeführten Verstärkungsmaßnahmen erläutert.

Ergänzung der Feldbewehrung

Die Nachrechnungen der Deckenplatten hatten ergeben, dass zusätzliche Bewehrung erforderlich ist um die Biegetragfähigkeit für die neue Lastsituation sicherzustellen. Die Verstärkung der Endfelder der Geschossdecken erfolgte mit textilbewehrtem Spritzbeton. Zur Bauwerksverstärkung wurde dieser innovative Verbundwerkstoff in Deutschland erstmals 2006 bei der Verstärkung der Hyparschale des Hörsaals der Fachhochschule in Schweinfurt angewendet [1]. Im Gegensatz zu einer herkömmlichen Verstärkung mit bewehrtem Spritzbeton [2] wird die Stahlbewehrung durch textile Gelege mit bis zu 10-fach höheren Zugfestigkeiten ersetzt. Das textile Gelege besteht aus Faserbündeln, den sogenannte Rovings die zu einem textilen Flächengelege verarbeitet werden. Diese Gelege werden dann in eine ca. 3 mm dicke Feinbetonmatrix eingelegt. Das Auftragen des Feinbetons und das Einlegen des Textils werden so oft wiederholt, bis die erforderliche Lagenanzahl des Textils erreicht worden ist. Die Mechanischen Eigenschaften des verwendeten Carbon-Rovings und des Feinbetons sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1: Mechanische Eigenschaften des Feinbetons und des Carbon-Rovings

Eigenschaft	Feinbeton TB10 Pagel-Textilbeton TUDALIT	Carbon-Roving SIGRAFIL C30 T050 EPY
Dichte	2,16 g/cm ³	1,8 g/cm ³
E-Modul (Mittelwert)	25700 N/mm ²	240000 N/mm ²
Druckfestigkeit (Mittelwert)	89,2 N/mm ²	-
Zugfestigkeit (Mittelwert)	5,7 N/mm ² *)	4000 N/mm ²
Bruchdehnung (Mittelwert)	-	16 ‰
*) Biegezugfestigkeit		

Da bei Verwendung nichtkorrosiver Materialien wie Glasfasern oder Kohlefasern der Korrosionsschutz entfällt, kann auf die sonst übliche Betonüberdeckung verzichtet werden. Insgesamt ergibt sich bei der Verwendung von textiler Bewehrung in Verbindung mit einem Feinbeton eine Querschnitts- und damit Eigengewichtseinsparung gegenüber Stahlbeton von bis zu 90 Prozent. Damit eignet sich Textilbewehrter Spritzbeton hervorragend für die nachträgliche Erhöhung der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit von Flachdecken. Durch das Aufspritzen des Feinbetons analog dem Spritzbetonverfahren wird neben der verfahrensbedingt guten Verdichtung auch eine maximale Haftung in der Anschlussfuge zum Altbeton und zu den Textillagen erreicht.

Die zu verstärkenden Flachdecken des Büro- und Geschäftshauses wurden unterseitig mittels Strahlen mit festem Strahlmittel aufgeraut, bis das Größtkorn des Altbetons vollständig von der Zementschlämme befreit wurde. 24 Stunden vor Ausführung der Verstärkungsmaßnahme wurde mit dem Vornässen des Untergrundes begonnen um dem später aufgespritzten Feinbeton nicht das zur Hydratation erforderliche Wasser zu entziehen. Bild 3 zeigt das Aufspritzen der ersten Lage Feinbeton.



Bild 3 Aufspritzen des Feinbetons

Die Feinbetonmatrix wird dabei in einer Dicke von ca. 3 mm auf den vorbereiteten Altbetonuntergrund aufgetragen. Danach wird die erste Lage der textilen Bewehrung eingebaut und dabei leicht eingedrückt.



Bild 4 Einbau des textilen Geleges

Anschließend erfolgte frisch in frisch der zweite Auftrag des Feinbetons zur vollständigen Einbettung der 1. Lage der textilen Bewehrung und zur Aufnahme der nächst folgenden Lage. Eingebaut wurden auf 1000 m² bis zu 4 Lagen des Geleges SGL-Grid 600. Die letzte Bewehrungslage wird mit Feinbeton überdeckt und geglättet. Durch den Einsatz von vorkonfektioniertem Feinbeton, der als Trockenmischung in 25 kg Säcken geliefert wurde, entfiel das Dosieren und Anmischen der Ausgangsmischung auf der Baustelle. Das textile Gelege wurde direkt von der Rolle in den frisch aufgespritzten Feinbeton eingelegt und am

Ende des zu verstärkenden Bereichs abgeschnitten. Aufgrund des großflächigen Feinbetonauftrags konnten die Arbeitsgänge Feinbeton aufspritzen, Textil abrollen und einlegen und Textil in den Feinbeton einarbeiten nahezu parallel ausgeführt werden.



Bild 5 Alle Arbeitsschritte in einem Blick

Im Vergleich zu anderen Verstärkungsverfahren führten die so optimierten Arbeitsabläufe trotz des höheren Personalaufwands zu einer Zeit- und Kostenersparnis. Die so hergestellte mit maximal 20 mm, extrem dünne Verstärkungsschicht, zeichnet sich durch ein geringes Eigengewicht und eine flächige Kraftübertragung aus. Die Planung und Ausführung der Textilbetonverstärkung geschah in enger Zusammenarbeit mit der TU-Dresden, Institut für Massivbau. Die Wirksamkeit der Verstärkung mit Textilbeton wurde an eigens dafür hergestellten 7 m langen und 1 m breiten Versuchsplatten im 4-Punkt Biegeversuch bestätigt.

Neben der Unempfindlichkeit gegen Korrosion und der geringen Aufbauhöhe der Verstärkungsschicht, hat textilbewehrter Spritzbeton gegenüber der klassischen Spritzbetonverstärkung mit Stahlbewehrung noch weitere Vorteile. Verfahrensbedingt ist eine schwingungsfreie Befestigung der Bewehrung nicht erforderlich und die Gefahr von Spritzschatten (Hohlstellen hinter der Bewehrung) kann so gut wie ausgeschlossen werden. Textilbewehrter Spritzbeton eignet sich daher hervorragend zur Instandsetzung und Verstärkung von großen Stahlbetonflächen, sofern eine fachgerechte Ausführung durch qualifiziertes Personal und eine gut funktionierende Eigen- und Fremdüberwachung gewährleistet wird. Daher sollten mindestens die Kriterien der Konformitäts- und Produktionskontrolle sowie die Anforderungen an das Personal gemäß DIN 18551 [3] eingehalten sein. Aufgrund einer fehlenden bauaufsichtlichen Zulassung ist für eine Anwendung in Deutschland eine Zustimmung im Einzelfall erforderlich (vergl. [1]).

Ergänzung der Durchstanzbewehrung

Zur Erhöhung der Durchstanzsicherheit wurde zusätzliche Durchstanzbewehrung in Form von Gewindestangen innerhalb der kritischen Fläche um die Stahlbetonstützen eingebaut. Anschließend wurde die Plattenstärke im Durchstanzbereich mit Spritzbeton um 30 cm auf insgesamt 60 cm erhöht.

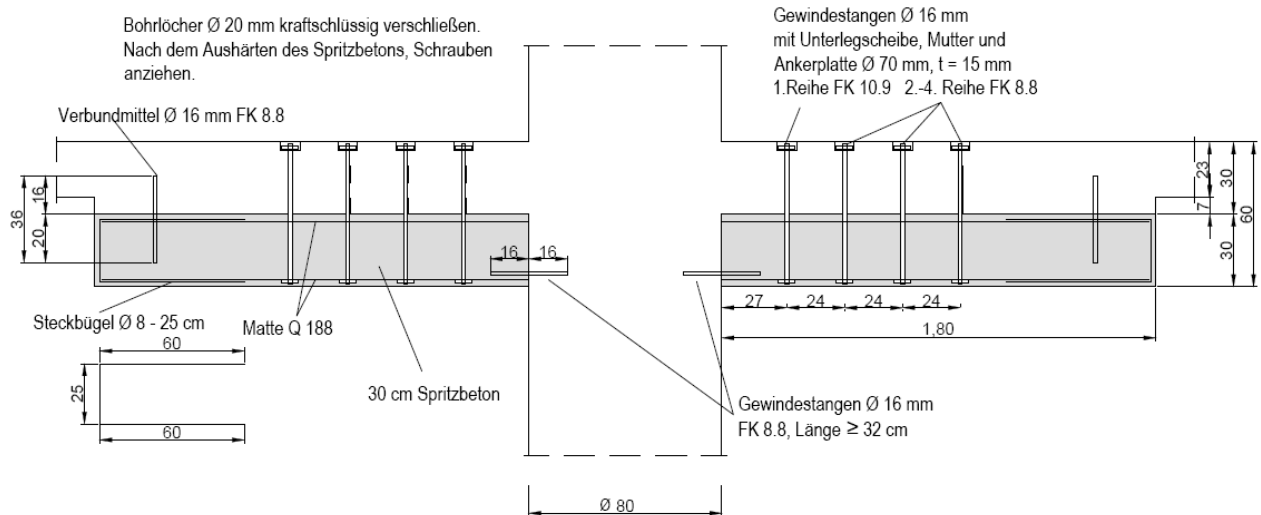


Bild 5 Erhöhung der Durchstanzsicherheit

Um die Anzahl der Bohrungen zu minimieren wurde die nachträglich eingebaute Durchstanzbewehrung mit Gewindestangen der Festigkeitsklasse 10.9 bzw. 8.8 ausgeführt. Die Verankerungsqualität konnte durch das Anziehen der Gewindestangen nachdem Aushärten des Spritzbetons wesentlich erhöht werden. Die Bemessung der erforderlichen Querschnittsfläche nach DIN 1045-1 [4], Gl. 108 bzw. Gl. 109 konnte daher mit dem Beiwert für die Wirksamkeit der Durchstanzbewehrung von $k_s = 1,0$ geführt werden. Das „Handfest-Anziehdrehmoment“ beträgt gemäß Ausführungen für Stahlbauten $M_{A10.9} = 35 \text{ Nm}$. Die Untergrundvorbereitung erfolgte durch Strahlen mit festem Strahlmittel [2]. Danach wurden Bewehrungskörbe aus Baustahlmatten Typ Q 188 vorgebogen, mit Steckbügeln ergänzt und im Abstand von 2 cm von der Deckenunterseite schwingungsfrei an zusätzlichen eingebauten Verbundmitteln und der bereits eingebauten Durchstanzbewehrung befestigt.



Bild 6 Erhöhung der Plattendicke im Durchstanzbereich mit bewehrtem Spritzbeton

Nach dem Abschalen der Kanten wurde der Beton der Güte C 35/37 unterseitig in einer Dicke von 30 cm im Spritzbetonverfahren mit entsprechender Betondeckung über Kopf eingebaut. Das Spritzbetonverfahren oder auch „Torkretieren“ ist ein handwerkliches Betonierverfahren [6] und wird seit über 90 Jahren eingesetzt [7]. Spritzbeton ist in Deutschland [3] und Europa [4]

genormt. Durch die pneumatische Förderung der Ausgangsmischung sind hohe Aufprallgeschwindigkeiten des Spritzgemisches auf dem Untergrund mit entsprechend hoher Verdichtungsenergie möglich. Durch die zunächst eintretende Zementanreicherung in der Anschlussfuge wird der notwendige kraftschlüssige Verbund zwischen altem und neuem Beton hergestellt und der zusätzlich aufgetragene Beton darf als von Anfang an monolithisch hergestellt betrachtet werden, sofern die Aufnahme der Schubkräfte in der Fuge nachgewiesen wird.



Bild 7 Verstärkter Durchstanzbereich

Zusammenfassung

Mit Hilfe der flächigen Verstärkung mit Textilbeton und dem nachträglichen Einbau von Durchstanzbewehrung in Kombination mit bewehrtem Spritzbeton konnte der Abriss und Neubau von punktgestützten Flachdecken eines Geschäftshauses verhindert werden. Neben der Machbarkeit war auch die Zeit- und Kostenersparnis gegenüber einer Neuerstellung von entscheidender Bedeutung. Voraussetzung war eine sorgfältige Planung mit der frühzeitigen Einbindung von auf dem Gebiet der Bauwerksverstärkung erfahrener Fachplaner um die geeigneten Verfahren für die jeweilige Verstärkungsaufgabe zu ermitteln und nachzuweisen.

Literatur:

- [1] Curbach, M.; Weiland, S.; Hauptenbuchner, B.; Ortlepp, R.: Textilbewehrter Beton zur Verstärkung eines Hyparschalentragwerks in Schweinfurt. Beton und Stahlbetonbau, 102, 6, Seite 353 – Seite 361. Berlin: Ernst & Sohn Verlag 2007
- [2] Hankers, C.; Matzdorff, D.; Bauen im Bestand – Verstärkung mit Spritzbeton; Bauingenieur 81, Nr.7/8, S. 303-310. Düsseldorf: Springer VDI Verlag 2007
- [3] DIN 18551: Spritzbeton – Anforderungen, Herstellung, Bemessung und Konformität. Ausgabe Januar 2005
- [4] DIN EN 14487: Sprayed Concrete; European Standard, Part 1 "Definitions, Specifications and Conformity", Ausgabe 2006; Part 2: "Execution of sprayed concrete", Ausgabe 2007
- [5] DIN 1045-1: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton. Teil 1: Bemessung und Konstruktion. Ausgabe Juli 2001.
- [6] Torkret. Eine neue Betonbauweise. Beton und Eisen, S. 15-17. 1920
- [7] Torkret. 90 Jahre Torkretieren. Torkret AG, Essen. 2010