Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 87 (1969)
Heft: 37

Artikel: Betonverstärkung mittels Polypropylenfasern
Autor: Harvey, D.R.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-70768

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Betonverstärkung mittels Polypropylenfasern

DK 666.97 — 129.1:679.5

Von Dr. D. R. Harvey, Zürich

Einleitung

Das Baugewerbe ist bereits zum wichtigsten Abnehmer von Kunststoffen aller Art geworden. Etwa ein Drittel der Kunststoffproduktion der Welt wird in den vielen Anwendungsbereichen des Baugewerbes verbraucht. Ausserdem werden laufend neue Einsatzmöglichkeiten dafür entwickelt. An dieser Stelle soll über eine Neuentwicklung der Shell International Chemical Company berichtet werden, die in Zusammenarbeit mit einer Reihe von Beton- und Polypropylenfaser-Herstellern in Grossbritannien erarbeitet wurde [1]).

Die Idee beruht auf der Feststellung, dass Fasern aus dem Kunststoff Polypropylen vielversprechende Eigenschaften als Verstärkungsmittel für Beton aufweisen. Anschliessende praktische Untersuchungen haben dies bestätigt. Der mit Polypropylen-Fasern verstärkte Beton ist in erster Linie für *nichttragende* Konstruktionselemente gedacht. In den zahlreichen Fällen jedoch, in denen die Betonteile ausschliesslich für den Transport und die Handhabung verstärkt werden müssen, können Polypropylen-Fasern die bisher übliche Stahlarmierung ersetzen.

Die Fasern aus Polypropylen

Die für die Betonverstärkung verwendeten Fasern werden aus dem Kunststoff Polypropylen hergestellt. Dieser wird durch die Polymerisation des Kohlenwasserstoffgases Propylen gewonnen. Er kann anschliessend in fibrillierte Filmfasern geformt werden. Solche Fasern werden aus Polypropylen-Folie mit Hilfe eines Reck- und Zwirnverfahrens hergestellt. Das Endprodukt ist dann eine Schnur mit einer sehr offenen Netzstruktur, die grosse Zugfestigkeit aufweist und bereits in der Verpackungsindustrie Anwendung findet. Bild 1 zeigt die Schnur als solche sowie in zerschnittener, für die Verstärkung von Beton geeigneter Form. Solche Fasern werden auf der ganzen Welt produziert und sind im Handel erhältlich. Die Firma Shell stellt sie selbst nicht her, wohl aber das Rohmaterial Polypropylen.

Wenn solche zerschnittenen Fasern mit Beton vermischt sind, verstärken sie jene Stellen, welche auf Zug beansprucht werden. Der Grund dafür ist eine rein physikalische Interaktion. Zwischen den Fasern und dem Beton entsteht keine chemische Bindung; wegen der offenen Netzstruktur der Fasern werden diese jedoch sehr fest im Beton verankert.

Beton, Mörtel und Gips sind billige Baustoffe. Will man ihre Eigenschaften durch Hinzufügen eines Zusatzstoffes verbessern, so muss dieses Produkt folgende Bedingungen erfüllen: 1. Es muss möglichst billig zu beschaffen sein; 2. Bereits bei geringerer Konzentration muss dessen Wirkung zufriedenstellend sein.

Die Polypropylen-Fasern erfüllen diese Forderungen. Sie gehören zu den billigsten, leichtesten, stabilsten und stärksten heute auf dem Markt erhältlichen Fasern. Obwohl sie im Vergleich mit den üblichen Baustoffen relativ teuer sind, wird in den meisten Fällen das Beifügen solcher Fasern doch wirtschaftlich sein, weil dadurch die Stahlarmierung und die Kosten für ihre Herstellung und Einarbeitung wegfallen und auch das Gewicht des Endproduktes beträchtlich vermindert wird. In den hier aufgeführten Beispielen wurde Polypropylen-Schnur von 6000 bis 26 000 denier (1500 bis 350 m/kg) verwendet, meistens in Stücklängen von 70 mm.

Herstellung des verstärkten Betons

Während des Mischens brauchen die Polypropylen-Fasern nur kurze Zeit mit dem Beton in Berührung zu kommen; sie müssen aber gleichmässig verteilt werden. Bei der Herstellung eines Beton- oder Mörtelgemisches werden die Fasern erfahrungsgemäss 0,5 min vor Beendigung der Mischzeit beigefügt. Dies reicht unter normalen Umständen aus, um sie gleichmässig in die Mischung zu bringen. Eine längere Mischzeit sollte möglichst vermieden werden, denn sie würde zu unnötigem Zerreissen der Fasern führen.

Drehbare Freifallmischer bieten bei der Verarbeitung von Polypropylenfasern überhaupt keine Schwierigkeiten; Zwangsmischer sollten jedoch so eingestellt werden, dass die Fasern nicht zwischen Rührwerk und Ablenkplatten stecken bleiben können. Wird das Gemisch mit Schaufeln transportiert und gehandhabt, so macht sich der zusätzliche Widerstand der Fasern besonders gegen das Einschieben der Schaufel bemerkbar. Dieser Widerstand wächst offensichtlich mit der Länge der Fasern. Auch lässt sich ein Gemisch mit einem Faser-Gewichtsanteil von 0,2 % leichter bearbeiten als ein solches mit 1 % Faseranteil. Polypropylen-Fasern wurden mit Erfolg Mörtel- und Betongemischen mit verschiedenen Zement-Zuschlagsstoff-Verhältnissen (bis zu einem Verhältnis von 1:6) beigefügt. Ein hoher Prozentsatz von grobem Ballast von über 20 mm Durchmesser wirkt sich nachteilig auf die Verbindung der Fasern mit dem Baustoff aus. Ballast bis zu einem Durchmesser von 10 mm verursachte dagegen keinerlei Schwierigkeit. Es wurden Wasserzementwerte von 0,35 und darüber verwendet. Die Fasern zeigen keine Neigung, sich beim Vibrieren während des Verdichtungsprozesses zu trennen oder nachteilig zu verändern. Der Festbeton sollte in üblicher Weise kontrolliert werden, um festzustellen, ob die Dichte und dementsprechend auch die gewünschte Festigkeit erreicht worden ist.

[1]) Für das Verfahren hat die Shell International Chemical Company in mehreren Ländern ein Patent angemeldet.

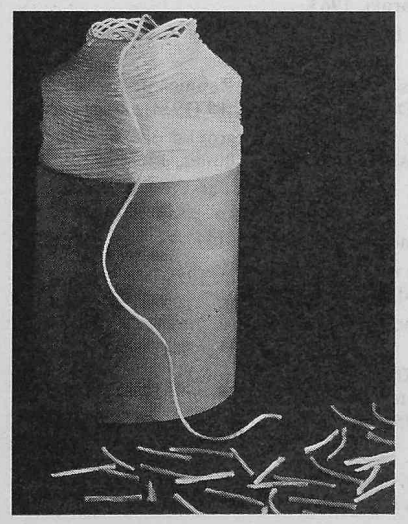

Bild 1. Polypropylen-Faser in Schnurform, wie sie für die beschriebenen Versuche verwendet wurde

Tabelle 1. Ergebnisse des Schlagfestigkeitsversuches an Platten von 0,70 × 1,50 m aus Mörtel 1:3 unverstärkt und verstärkt mit 0,8 Gewichts-% Polypropylenfasern

Versuchsart	Material	Plattenstärke mm	Versuchsbedingungen bei Auftritt des ersten Fehlers: Fallhöhe m	Horizontale Entfernung m	Art des Fehlers	Bemerkungen
Fallende Stahlkugel von 1 kg	unverstärkt	20	0,50	—	gebrochen	Platte brach quer durch in zwei gleiche Teile
	verstärkt	20	0,70	—	Risse	Nach Auftreten des Risses wurde eine Durchbiegung von 8 mm in Plattenmitte gemessen [1])
Sandsackpendel von 25 kg	unverstärkt	40	0,27	1,25	gebrochen	Die Platte brach entlang des Mittelpunktes und parallel zu den beiden Auflagelinien
	verstärkt	40	1,02	2,25	Risse	Drei Risse über die ganze Breite [2])

[1]) Der Versuch wurde weitergeführt bis zu einer Fallhöhe der Stahlkugel von 2,50 m. Die Durchbiegung vergrösserte sich dabei bis auf 20 mm; an der Einschlagstelle bildete sich eine Vertiefung. Die Platte brach jedoch nicht.

[2]) Während der Fortführung des Versuches bis zur maximalen Höhe von 3,00 m blieb die Platte in einem Stück erhalten. Am Ende des Versuches war sie immer noch eben.

Materialeigenschaften

Schlagfestigkeit

Für diesen Versuch wurden Platten von 0,7 × 1,5 m aus einer Mörtelmischung im Verhältnis 1:3 hergestellt. Sie enthielten einen Gewichtsanteil von 0,8 % Polypropylen-Fasern von 70 mm Länge. Die Platten wurden mit einer fallenden Stahlkugel von 1 kg Gewicht und mit einem Sandsackpendel von 25 kg auf Schlagfestigkeit geprüft. Aus beiden Versuchsanordnungen ergab sich, dass das verstärkte Material ohne weiteres Aufschläge überstand, welche die unverstärkten Platten zerstörten. Ausserdem blieben die verstärkten Platten bei höherer Aufschlagsenergie in einem Stück erhalten, obgleich sich Risse einstellten. Einzelheiten dieser Versuche und deren Ergebnisse sind in Tabelle 1 ersichtlich.

Platten von 40 mm Dicke, welche vom Versuch her bereits Risse aufwiesen, wurden auf einem stark beanspruchten Fussgängerweg unter freiem Himmel im Bereiche des Shell Centre in London im Herbst 1967 verlegt. Nach zwei Wintern zeigten sie keine Veränderung. Es ist zu bemerken, dass sogar Autobusse mit Besuchern, die hin und wieder darüberfuhren, keine nachteiligen Folgen hinterliessen.

Biegezugfestigkeit

Für die Ermittlung von Vergleichswerten der Biegezugfestigkeit wurden Balken von 10 × 10 × 30 cm verwendet. Die Versuche erfolgten 14 Tage nach der Herstellung der Balken. Zur Prüfung wurde eine mittige Einzellast angebracht; die Balken lagen dabei auf zwei Stützen, welche 20 cm voneinander entfernt waren. Die Prüflinge aus verstärktem Material zeigten als typische Erscheinung beginnende Risse bei Last a und endgültiges Versagen bei Last e, siehe Tabelle 2. Sie waren dann in einem Zustand gemäss Bild 2. Die Balken erholten sich völlig und behielten ihre Form, wenn sie nicht zu stark belastet waren. Es braucht nicht erwähnt zu werden, dass die unverstärkten Balken bei Versagen plötzlich in zwei Teile zerbrachen. Die in Tabelle 2 zusammengestellten Ergebnisse zeigen die Verbesserung der Biegezugfestigkeit durch das Beifügen von Polypropylen-Fasern.

Die *Druckfestigkeit* des Betons oder Mörtels wird durch den Faserzusatz nicht verändert. Auch die ausgezeichnete *Feuersicherheit* des Betons wird dadurch nicht beeinträchtigt.

Zusammenfassung

Durch den Zusatz von Polypropylen-Fasern zu Beton und Mörtel lassen sich folgende Änderungen der Eigenschaften dieser Baumaterialien erzielen:

- stark verbesserte Schlagfestigkeit
- verbesserte, um 30 bis 50 % erhöhte Biegezugfestigkeit
- zurückbleibende Belastbarkeit nach dem Auftreten von Rissen.

Diese Merkmale können sich in vielen Fällen vorteilhaft auswirken, und es ist zu überlegen, ob und an welchen Stellen unverstärkter Beton durch faserverstärkten ersetzt werden soll oder kann. Es ist ferner abzuwägen, ob die verbesserten Eigenschaften sowie die mit der Verstärkung möglicherweise einhergehende Gewichts- bzw. Materialersparnis den Mehrpreis für die Polypropylen-Fasern wirtschaftlich rechtfertigen. Das mit Polypropylen-Fasern verstärkte Material besitzt wesentliche Vorteile gegenüber Stahlbeton für die meisten nichttragenden Elemente. Viele solche herkömmliche Bauelemente werden nur deshalb mit Stahl armiert, um sie für den Transport und die Handhabung abzusichern. Sie benötigen dann eine Betonüberdeckung von 15 bis 50 mm, um den Stahl vor Korrosion zu schützen. Sobald aber diese Stahlbetonelemente eingebaut werden, unterliegen sie nie starker oder lang anhaltender Belastung. Der Nutzen der Stahlarmierung solcher Elemente im Bauwerk selbst ist daher gleich Null. Die Benutzung von Polypropylen-Fasern kann diese Verschwendung überflüssig machen. Durch deren Anwendung benötigt man weniger Frischbeton pro Bauelement, die Vorbereitung und Lagerung der Stahlarmierung entfallen, die Kosten für den Transport der Elemente zur Baustelle verringern sich.

Aus Wirtschaftlichkeitsgründen sollte natürlich der Anteil der Fasern so niedrig gehalten werden, wie es für den besonderen Anwendungsbereich möglich ist. So erwies sich zum Beispiel, dass eine Betonplatte von 3,0 × 1,0 × 0,043 m mit 0,7 % Gewichtsanteil Polypropylen-Fasern die gleichen Eigenschaften zeigte und die gleiche grobe Handhabung überstand wie eine 0,075 m dicke stahlverstärkte Betonplatte der selben Grösse. Die Gewichtsersparnis betrug dabei 220 kg pro Platte; ausserdem entstanden geringere Materialkosten. Bei anderen Elementen, welche nur für den Transport armiert wurden, konnte im Grossversuch ermittelt werden, dass bereits Faserzugaben bis herab zu 0,15 % ausreichend waren.

Selbstverständlich werden Polypropylen-Fasern in tragenden Konstruktionen die Stahlarmierung nicht ersetzen können.

Adresse des Verfassers: Dr. chem. *D. R. Harvey*, Shell Switzerland Chemie, 8021 Zürich, Postfach.

Tabelle 2. Biegezugfestigkeitsversuch an Balken von 10 × 10 × 30 cm aus Mörtel und Beton. Vergleichsergebnisse mit verstärktem und unverstärktem Material

Material	Dichte (kg/dm³)		Biegezugfestigkeit a [1] (kp)	Biegezugfestigkeit e [2] (kp)
Mörtel unverstärkt, Mischung 1:3	2,12		29,9	29,9
	2,11		27,2	27,2
	2,11		28,1	28,1
	2,11	Durchschnitt	28,4	28,4
Mörtel 1:3 mit 0,8 Gew.-% Polypropylen-Fasern	2,10		37,3	55,3
	2,10		39,9	71,4
	2,10		40,2	81,6
	2,10	Durchschnitt	39,1	69,4
Mörtel 1:3 mit 1,0 Gew.-% Polypropylen-Fasern	2,08		53,9	66,4
	2,08		43,6	81,1
	2,07		55,7	78,0
	2,08	Durchschnitt	51,0	75,2
Mörtel unverstärkt, Mischung 1:4½	2,03		18,9	18,9
	2,03		24,0	24,0
	2,02		22,4	22,4
	2,03	Durchschnitt	21,8	21,8
Mörtel 1:4½ mit 0,8 Gew.-% Polypropylen-Fasern	1,98		30,3	46,9
	1,99		24,3	49,0
	1,98		25,2	50,7
	1,98	Durchschnitt	26,6	48,9
Beton unverstärkt, Mischung 1:2:4	2,36		48,0	48,0
	2,35		44,9	44,9
	2,35		39,4	39,4
	2,35	Durchschnitt	44,1	44,1
Beton 1:2:4 mit 0,5 Gew.-% Polypropylen-Fasern	2,32		53,5	66,2
	2,32		42,7	54,7
	2,33		46,9	53,7
	2,32	Durchschnitt	47,7	58,2

[1] Belastung bei Auftreten des ersten Fehlers
[2] Belastung bei endgültigem Versagen
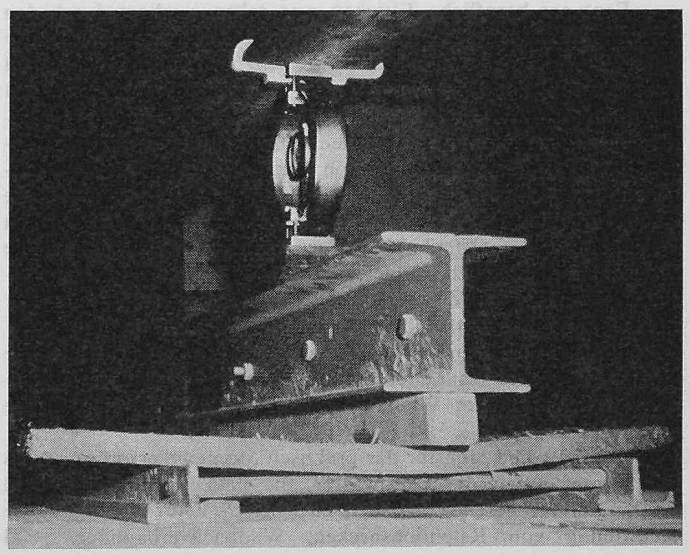
Bild 2. Versuchsanordnung für die Ermittlung der Biegezugfestigkeit