

ẢNH HƯỞNG CỦA CƯỜNG ĐỘ BÊ TÔNG VÀ LOẠI SỢI THÉP ĐẾN HIỆU QUẢ SỬ DỤNG SỢI THÉP TRONG BÊ TÔNG CỐT SỢI THÉP

TS. NGUYỄN THANH BÌNH

Viện KHCN Xây dựng

KS. NGUYỄN HUYỀN THI

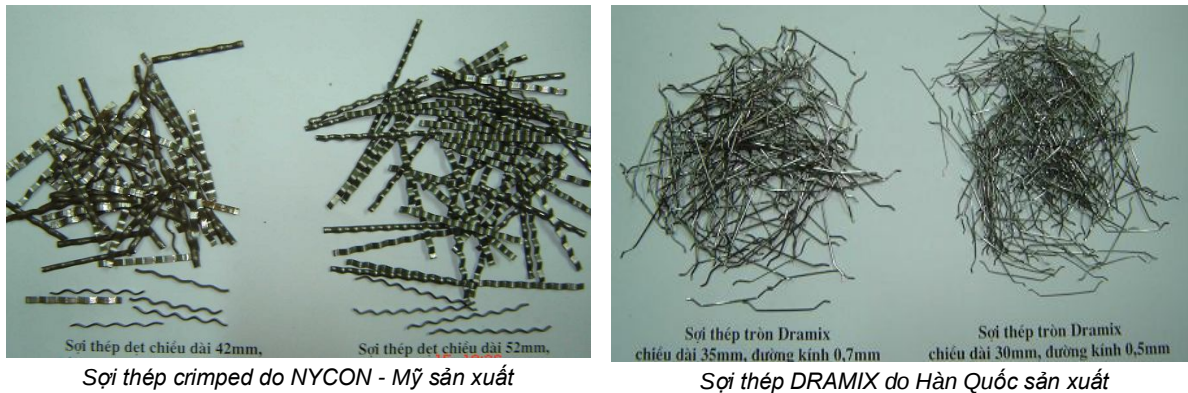
Công ty Cổ phần Thương mại Thiết bị & Sản phẩm Công nghiệp (IPECO)

Tóm tắt: Sử dụng sợi thép trong bê tông (BTCS thép) làm tăng rõ rệt khả năng chịu kéo uốn của bê tông. Tuy nhiên việc sử dụng sợi thép hiệu quả phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó ảnh hưởng cường độ của bê tông gốc (bê tông không sợi) và loại sợi (tỷ lệ hướng sợi) đến cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông là rất lớn. Bài báo giới thiệu ảnh hưởng của cường độ bê tông và loại sợi thép đến cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông trong giới hạn mác 300 - 800, nhằm mục đích phát huy hiệu quả của sợi thép khi sử dụng trong bê tông cốt sợi.

1. Bê tông cốt sợi thép và các loại sợi nghiên cứu

Bê tông cốt sợi (BTCS) thép là bê tông có sợi thép phân tán trong thành phần, sợi thép rời rạc không liên tục. Khi chịu kéo BTCS thép chỉ hư hỏng sau khi sợi thép bị đứt hoặc bị tuột ra khỏi đá xi măng [6]. Việc đưa thêm sợi thép vào bê tông đã cải thiện một số tính chất của bê tông như [1, 3, 5, 6]: tăng cường độ chịu uốn; tăng độ bền dẻo dai; tăng khả năng chịu va chạm mạnh; tăng khả năng chịu biến dạng khi kéo uốn; tăng khả năng kháng nứt khi chịu tải trọng và các tính chất khác, trong đó rõ rệt nhất là tăng cao cường độ chịu kéo khi uốn từ 50-70%, thậm chí lớn hơn 100% [5, 6].

Từ các kết quả nghiên cứu [1, 2], ta chọn 4 loại sợi điển hình cho 4 tỷ lệ hướng sợi (chiều dài/đường kính), đặc trưng cho sợi thép hiện có tại Việt Nam: sợi thép Crimped (sợi dẹt lượn sóng, dài 38mm và 52mm) và sợi Dradmix (sợi tròn 2 đầu neo, dài 30 và 35mm) cho trong bảng 1. Để thấy rõ ảnh hưởng của mác bê tông đến hiệu quả sử dụng sợi thép, chọn bê tông gốc cho bê tông cốt sợi thép với mác 300, 500, 700 và 800.



Hình 1. Các loại sợi thép sử dụng trong nghiên cứu

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của sợi thép [1]

STT	Thông số kỹ thuật của sợi thép	Loại sợi thép			
		Dẹt dài 38mm	Dẹt dài 52mm	Tròn SF-35/0,7 (mm)	TrònSF-30/0,5 (mm)
1	Hình dạng, tiết diện ngang của sợi	Sợi dẹt tiết diện hình vòng cung		Sợi tròn SF tiết diện hình tròn	
2	Chiều dài sợi (mm)	38	52	35	30
3	Đường kính, đường kính tương đương (mm)	1,31	1,31	0,7	0,5
4	Tỷ lệ hướng sợi	29	39,7	50	60
5	Tổng diện tích bề mặt, cm ² /kg	≈ 5.340	≈ 5.340	≈ 6.616	≈ 8.978
6	Số lượng sợi (sợi/kg)	2.280	1.840	8.600	19.040
7	Cường độ chịu kéo (daN/cm ²)	>10.000			

Trong bảng 1, đường kính tương đương của sợi dẹt được tính theo tiêu chuẩn ACI 544.1R 96 [3]: $d = f(D/SG)^{1/2}$.

Trong đó: d - đường kính tương đương, mm; f - hệ số chuyển đổi, $f = 0,0120$; D - độ chối của sợi, gam; SG - khối lượng riêng của sợi thép, g/cm^3 .

Công thức [3]: đường kính tương đương là đường kính một vòng tròn có diện tích tương đương với diện tích tiết diện ngang của sợi thép; Độ chối của sợi là khối lượng tính bằng gam của 9000 mét dài của một sợi đơn.

2. Thành phần cấp phối BTCS thép và bê tông không sợi đối chứng

Vật liệu chế tạo gồm:

- *Xi măng*: PCB 40 Nghi Sơn thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật của TCVN 6260 : 1997. Cường độ chịu nén của xi măng ở tuổi 28 ngày đạt $48,9 N/mm^2$ thử theo TCVN 6015-95;

- *Cát*: Cát sông Lô phù hợp với TCVN 7570: 2006. Bê tông mác 300, mô đun độ lớn của cát là 2,3; mác 500 và 700, mô đun độ lớn là 2,72; mác 800, mô đun độ lớn là 2,92;

- *Đá dăm*: $d_{max} = 20mm$, cấp phối hạt: $d = 5 \div 10mm/d = 10 \div 20mm$ là 45/55. Bê tông mác 300 dùng đá vôi; bê tông mác 500, 700 và 800 dùng đá xanh (Hoà Bình). Đá dăm phù hợp với TCVN 7570: 2006;

- *Phụ gia siêu dẻo*: Phụ gia siêu dẻo Glenium SP 51 của hãng MBT- Degussa;

- *Phụ gia khoáng mịn*: Tro trấu nghiền mịn đáp ứng TCXDVN 311:2004 hoặc ASTM C1240-00, chất độn mịn là tro tuyển Phả Lại đáp ứng theo ASTM C618-00;

- *Nước*: đạt yêu cầu kỹ thuật TCXDVN 302: 2004;

- *Sợi thép*: dùng 4 loại sợi với hình dạng lượn sóng và tròn trơn 2 đầu neo, sợi thép đáp ứng yêu cầu ASTM A820-01 [4].

Thành phần cấp phối bê tông nghiên cứu cho trong bảng 2, bê tông không sợi có độ sụt từ 18-20 cm với bê tông mác 300, 500 và 700, độ sụt 20-22cm với bê tông mác 800. Sợi thép dùng $50kg/m^3$ với 4 loại sợi, điều chỉnh hàm lượng phụ gia siêu dẻo để độ sụt của hỗn hợp BTCS thép đạt 16-18 cm, giữ nguyên tỷ lệ N/X. Ký hiệu trong bảng 2 như sau: CP30, CP50, CP70 và CP80 là bê tông không sợi mác 300, 500, 700 và 800; A, B, C, D là BTCS thép: với A là sợi thép có tỷ lệ hướng sợi 29, B là sợi thép có tỷ lệ hướng sợi 39,7, C là sợi thép có tỷ lệ hướng sợi 50 và D là sợi thép có tỷ lệ hướng sợi 60.

Bảng 2. Thành phần cấp phối bê tông không sợi và BTCS thép mác 300, 500, 700 và 800

STT	Ký hiệu	Ký hiệu	Xi măng (kg)	Tro trấu (kg)	Tro bay (kg)	Siêu dẻo (lít)	Cát (kg)	Đá (kg)	Nước (lít)	Sợi thép (kg)	Độ sụt (cm)
1	Bê tông gốc mác 300	CP30	310	0	155,0	0,78	761	941	183,0	0	18,0
2		CP30A	310	0	155,0	0,84	753	931	183,0	50	18,0
3		CP30B	310	0	155,0	0,88	753	931	183,0	50	18,0
4		CP30C	310	0	155,0	0,93	761	941	183,0	50	17,0
5		CP30D	310	0	155,0	0,93	761	941	183,0	50	16,5
6	Bê tông gốc mác 500	CP50	380	38,0	95,0	2,2	761	969	172,0	0	20,0
7		CP50A	380	38,0	95,0	3,23	752	958	172,0	50	18,0
8		CP50B	380	38,0	95,0	3,23	752	958	172,0	50	17,5
9		CP50C	380	38,0	95,0	3,23	752	958	172,0	50	17,0
10		CP50D	380	38,0	95,0	3,23	752	958	172,0	50	17
11	Bê tông gốc mác 700	CP70	480	48,0	48,0	3,0	743	947	171,5	0	20,0
12		CP70A	480	48,0	48,0	3,36	736	937	171,5	50	18,0
13		CP70B	480	48,0	48,0	3,48	735	937	171,5	50	18,0
14		CP70C	480	48,0	48,0	3,48	735	937	171,5	50	18,0
15		CP70D	480	48,0	48,0	3,48	735	937	171,5	50	18,0
16	Bê tông gốc mác 800	CP80	580	58,0	0	6,67	644	976	170,5	0	22,0
17		CP80A	580	58,0	0	6,67	637	966	170,5	50	18,0
18		CP80B	580	58,0	0	6,67	637	966	170,5	50	18,0
19		CP80C	580	58,0	0	6,67	644	976	170,5	50	17,5
20		CP80D	580	58,0	0	6,67	644	976	170,5	50	17,0

Để thấy rõ ảnh hưởng của mác bê tông và loại sợi thép đến hiệu quả sử dụng sợi thép nhằm tăng cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông, nghiên cứu với bê tông mác 700 và 800 sử dụng 2 loại sợi thép có tỷ lệ hướng sợi cao là 50 và 60. Thành phần cấp phối BTCS thép cho trong bảng 3.

Bảng 3. Thành phần cấp phối BTCS thép mác 700 và 800 sử dụng sợi thép có tỷ lệ hướng sợi cao

STT	Loại sợi	Ký hiệu	Xi măng (kg)	Tro trấu (kg)	Tro bay (kg)	Siêu dẻo (lít)	Cát (kg)	Đá (kg)	Nước (lít)	Sợi thép (kg)	Độ sụt (cm)
1	Sợi thép có tỷ lệ	CP70C1	480	48,0	48,0	4,32	731	931	171,5	75	17,0

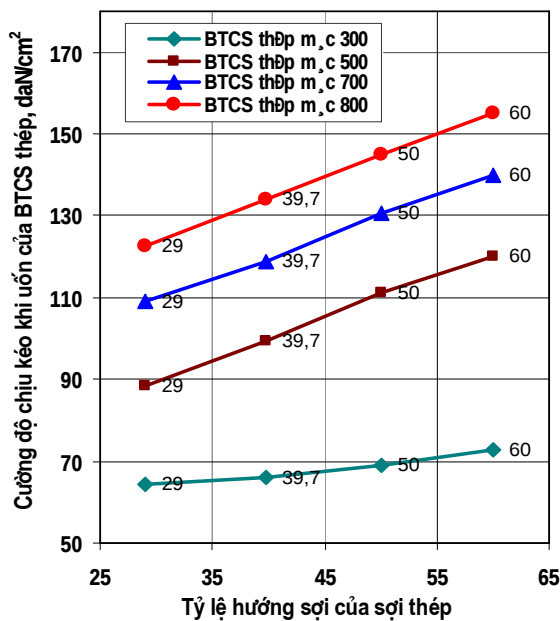
2	hướng sợi 50	CP70C2	480	48,0	48,0	5,28	726	925	171,5	100	17,0
3	Sợi thép có tỷ lệ hướng sợi 60	CP70D1	480	48,0	48,0	4,32	731	931	171,5	75	17,0
4		CP70D2	480	48,0	48,0	5,28	726	925	171,5	100	17,0
5	Sợi thép có tỷ lệ hướng sợi 50	CP80C1	580	58,0	0	6,67	634	961	170,5	75	17,5
6		CP80C2	580	58,0	0	7,25	630	955	170,5	100	16,0
7		CP80C3	580	58,0	0	8,12	625	949	170,5	125	15
8	Sợi thép có tỷ lệ hướng sợi 60	CP80D1	580	58,0	0	6,67	634	961	170,5	75	16,5
9		CP80D2	580	58,0	0	7,25	630	955	170,5	100	15,0
10		CP80D3	580	58,0	0	8,12	625	949	170,5	125	14,5

3. Ảnh hưởng mức bê tông và loại sợi thép đến cường độ chịu kéo khi uốn của BTCS thép

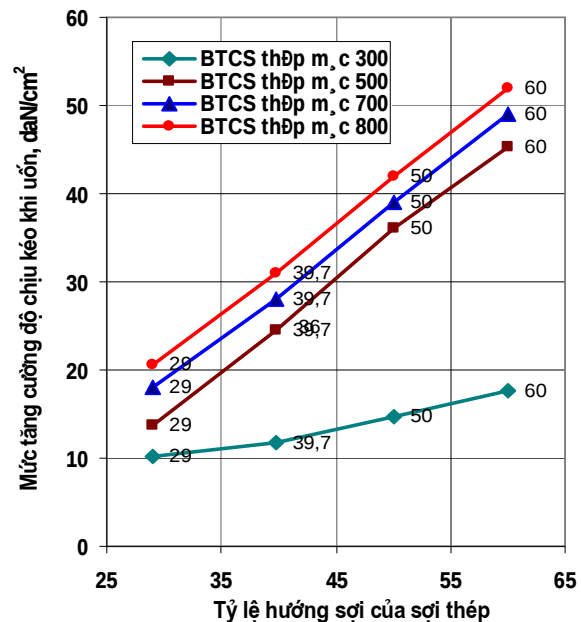
Kết quả cho trong bảng 4, ảnh hưởng của mức bê tông và tỷ lệ hướng sợi trên đồ thị hình 2.

Bảng 4. Cường độ chịu uốn của bê tông không sợi và BTCS thép ở tuổi 28 ngày

BTCS thép và bê tông (BT) không sợi mức 300, 500, 700 và 800									
STT	Ký hiệu	R _{uốn} , daN/cm ²	Mức tăng so với BT không sợi		STT	Ký hiệu	R _{uốn} , daN/cm ²	Mức tăng so với BT không sợi	
			daN/cm ²	%				daN/cm ²	%
1	CP30	54,3	---	---	11	CP70	91,0	---	---
2	CP30A	64,5	10,2	18,8	12	CP70A	107,5	16,5	18,1
3	CP30B	64,0	9,7	17,8	13	CP70B	119,0	28,0	30,8
4	CP30C	68,0	13,7	25,2	14	CP70C	130,5	39,5	41,7
5	CP30D	70,0	15,7	28,9	15	CP70D	139,0	48,0	52,7
6	CP50	74,7	---	---	16	CP80	103	---	---
7	CP50A	88,5	13,8	18,5	17	CP80A	121,5	18,5	17,9
8	CP50B	99,2	24,5	32,6	18	CP80B	134,0	31,0	30,0
9	CP50C	111,2	36,5	48,8	19	CP80C	145,0	42,0	40,7
10	CP50D	120,0	45,3	60,6	20	CP80D	156,0	53,0	51,4



a. Cường độ chịu kéo khi uốn của BTCS thép tuổi 28 ngày



b. Mức tăng cường độ chịu kéo khi uốn của BTCS thép so với BT gốc không sợi tuổi 28 ngày

Hình 2. Ảnh hưởng của mức BT và tỷ lệ hướng sợi thép đến cường độ kéo uốn của BTCS thép ở tuổi 28 ngày (sợi 50 kg/m³)

Số liệu trong bảng 4 và đồ thị hình 2 cho thấy rằng, sử dụng sợi thép với hàm lượng sợi 50 kg/m³ đã làm tăng đáng kể cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông. Mức tăng cường độ chịu kéo khi uốn của BTCS thép so với bê tông gốc không sợi phụ thuộc vào mức bê tông và tỷ lệ hướng sợi của sợi thép:

- Với cùng một loại sợi (cùng tỷ lệ hướng sợi), cùng hàm lượng sợi thì bê tông mức càng cao càng làm tăng cường độ chịu kéo khi uốn của BTCS thép tức là tăng hiệu quả sử dụng sợi thép;

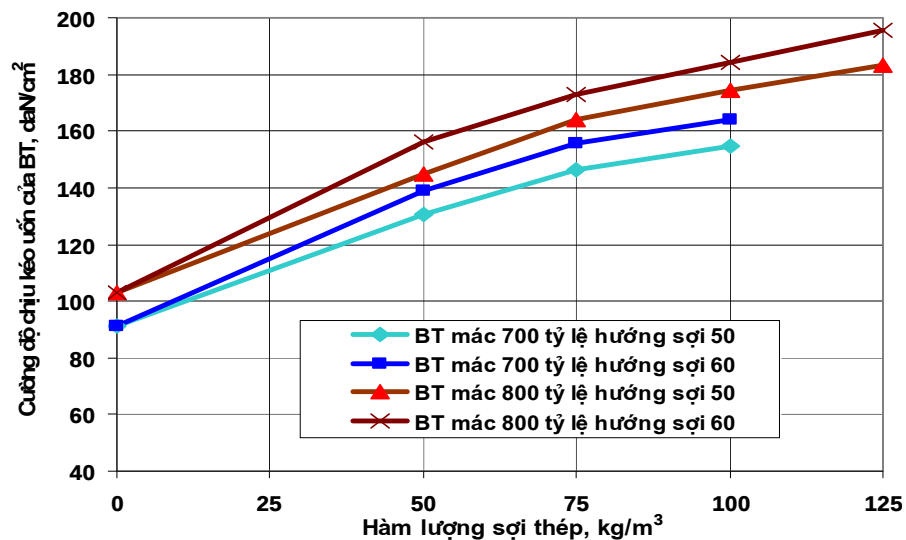
- Bê tông mác trung bình (trong nghiên cứu dùng bê tông mác 300) thì mức tăng cường độ chịu kéo khi uốn của BTCS thép là không nhiều với cả 4 loại sợi. Trong khi bê tông ở mác 500 trở lên với cả 4 loại sợi thì cường độ chịu kéo khi uốn của BTCS thép tăng cao, cho thấy bê tông mác trung bình sử dụng sợi thép không hiệu quả;

- Tỷ lệ hướng sợi tăng làm tăng cường độ chịu uốn của BTCS thép; đối với các loại sợi có tỷ lệ hướng sợi cao mức tăng cường độ chịu uốn của BTCS thép so với bê tông không sợi là rất lớn. Hay nói cách khác, sử dụng sợi thép có tỷ lệ hướng sợi cao hiệu quả hơn sợi thép có tỷ lệ hướng sợi thấp.

Số liệu thí nghiệm bê tông mác 700 và 800 với sợi thép có tỷ lệ hướng sợi cao ở các hàm lượng khác nhau cho trong bảng 5 và cường độ chịu kéo khi uốn của BTCS thép được biểu diễn trên đồ thị hình 3.

Bảng 5. Cường độ chịu uốn của bê tông không sợi và BTCS thép ở tuổi 28 ngày

Loại sợi	Bê tông mác 700					Bê tông mác 800				
	Ký hiệu	Hàm lượng sợi	$R_{uốn}$, daN/cm ²	Mức tăng so với BT không sợi		Ký hiệu	Hàm lượng sợi	$R_{uốn}$, daN/cm ²	Mức tăng so với BT không sợi	
				daN/cm ²	%				daN/cm ²	%
BT không sợi	CP70	0	91,0	---	---	CP80	0	103		
Sợi tròn SF-35/0,7 (mm), tỷ lệ hướng sợi 50	CP70C	50	130,5	39,5	41,7	CP80C	50	145,0	42,0	40,7
	CP70C1	75	146,5	55,5	61,0	CP80C1	75	164,0	61,0	59,2
	CP70C2	100	154,5	63,5	70,0	CP82C2	100	174,2	71,2	69,1
	----	----	----	----	---	CP83C3	125	183,1	80,1	77,8
Sợi tròn SF-30/0,5 (mm), tỷ lệ hướng sợi 60	CP70D	50	139,0	48,0	52,7	CP80D	50	156,0	53,0	51,4
	CP70D1	75	155,5	64,5	70,8	CP80D1	75	173,0	70,0	70,0
	CP70D2	100	164,2	73,2	80,4	CP80D2	100	184,4	81,4	79,0
	----	----	----	----	---	CP80D3	125	195,5	92,5	89,8



Hình 3. Cường độ chịu kéo khi uốn của BTCS thép

Kết quả trong bảng 5 và đồ thị biểu diễn trên hình 3, về ảnh hưởng của bê tông mác cao sử dụng sợi thép có tỷ lệ hướng sợi cao đến cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông đã cho thấy:

- Với cùng một loại sợi, cùng hàm lượng sợi thì bê tông gốc mác càng cao mức tăng cường độ chịu kéo khi uốn của BTCS thép càng lớn;
- Hàm lượng sợi tăng thì cường độ chịu kéo khi uốn của BTCS thép tăng;
- Tỷ lệ hướng sợi càng cao thì mức tăng cường độ chịu kéo khi uốn của BTCS thép càng lớn;
- Bê tông mác cao sử dụng sợi thép có tỷ lệ hướng sợi cao làm tăng rất cao cường độ chịu kéo khi uốn của BTCS thép. Có thể tạo ra được BTCS thép có cường độ chịu kéo khi uốn từ 100-195 daN/cm².

Từ kết quả nghiên cứu cũng cho thấy có thể tạo ra BTCS thép có cường độ chịu kéo khi uốn 100 daN/cm² với bê tông mác 500 và đến 195 daN/cm² với bê tông mác 800.

Kết quả trên được giải thích bởi khả năng liên kết tại bề mặt tiếp xúc giữa bê tông và sợi thép [6], cụ thể là:

- Bê tông mác cao có chất lượng hồ xi măng tốt, làm tăng khả năng liên kết tại bề mặt tiếp xúc giữa sợi thép và đá xi măng, dẫn tới tăng khả năng chịu kéo cho bê tông T, phát huy hiệu quả của sợi thép sử dụng;

- Sợi thép có tỷ lệ hướng sợi cao (tiết diện sợi mảnh và số lượng sợi lớn) có tổng diện tích bề mặt tiếp xúc của sợi lớn hơn sợi thép có tỷ lệ hướng sợi thấp với cùng khối lượng hoặc cùng đơn vị thể tích (trong bảng 1: sợi tỷ lệ hướng sợi 29,7 có tổng diện tích bề mặt là 5.340 cm²/kg; sợi tỷ lệ hướng sợi 60 có tổng diện tích bề mặt 8.978 cm²/kg);

- Bê tông mác cao sử dụng sợi thép có tỷ lệ hướng sợi cao làm tăng cao cường độ chịu kéo khi uốn của BTCS thép chính là do chất lượng liên kết tại bề mặt tiếp xúc tốt kết hợp với tổng diện tích bề mặt tiếp xúc cao, từ đó tổng lực liên kết lớn;

Bê tông mác cao có hàm lượng xi măng và hàm lượng bột mịn cao, ngoài việc làm tăng khả năng liên kết tại bề mặt tiếp xúc giữa sợi thép và đá xi măng, mà còn tạo điều kiện phân tán tốt sợi thép có tỷ lệ hướng sợi cao với hàm lượng sợi cao dẫn tới tăng rất cao cường độ chịu kéo khi uốn của BTCS thép.

4. Kết luận

- * Mác bê tông có ảnh hưởng lớn đến hiệu quả sử dụng sợi thép trong bê tông, cụ thể:

- Bê tông mác trung bình (mác 300) sử dụng sợi thép không hiệu quả. Khi sử dụng sợi thép với mục đích làm tăng cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông thì sử dụng bê tông mác từ 400-500 (40-50 MPa) trở lên;

- Bê tông mác càng cao thì càng làm tăng cường độ chịu kéo khi uốn của BTCS thép khi sử dụng cùng một loại sợi, cùng hàm lượng sợi tức là tăng hiệu quả sử dụng sợi thép.

- * Sợi thép làm tăng cao cường độ chịu uốn của bê tông, mức độ tăng cường độ chịu uốn của bê tông khi sử dụng sợi thép phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó tỷ lệ hướng sợi là yếu tố rất quan trọng:

- Tỷ lệ hướng sợi tăng thì cường độ chịu uốn của BTCS thép tăng. Sử dụng sợi thép có tỷ lệ hướng sợi cao hiệu quả hơn sợi có tỷ lệ hướng sợi thấp;

- Chênh lệch về mức tăng cường độ chịu kéo khi uốn khi dùng sợi thép có tỷ lệ hướng sợi cao và khi dùng sợi thép có tỷ lệ hướng sợi thấp (ở các hàm lượng khác nhau) là rất lớn.

- * Bê tông mác cao cho phép phát huy cao hiệu quả của sợi thép, khi đó đồng thời cho phép sử dụng các loại sợi thép có tỷ lệ hướng sợi cao, làm tăng mạnh cường độ chịu kéo khi uốn của BTCS thép.

- * Bê tông mác cao sử dụng các loại sợi thép có tỷ lệ hướng sợi cao với hàm lượng sợi hợp lý cao làm tăng rất cao cường độ chịu kéo khi uốn của BTCS thép. Mức độ tăng cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông khi sử dụng sợi thép có thể tới 89,8%. Có thể tạo ra BTCS thép đạt cường độ chịu kéo khi uốn từ 100-195 daN/cm².

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. NGUYỄN THANH BÌNH. Nghiên cứu chế tạo bê tông cốt sợi thép cường độ chịu uốn cao trong điều kiện Việt Nam. *Luận án TSKT, Viện KHCN Xây dựng, Hà Nội, 155 trang, 2007.*
2. TRẦN BÁ VIỆT, NGUYỄN THANH BÌNH và các ctv. Nghiên cứu chế tạo bê tông chất lượng cao sử dụng cốt sợi nhân tạo dùng cho các công trình ở Hà Nội. *Đề tài mã số TC-ĐT/5-04-03, 494 trang, 2008.*
3. ACI 544.1R-96, State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Concrete, 66p.
4. ASTM A820-01, Standard Specification for Steel Fibers for Fiber-Reinforced Concrete.
5. RILLEM, Fouth International Workshop on High Performance Fiber Reinforced Cement Composites (HPFRCC4), *Edited by A.E. Naaman and H.W. Reinhardt, June, 2003, 546 pp.*
6. PERUMALSAMY N. BALAGURU and SURENDRA P.SHAH. Fiber- Reinforced Cement Composites. *International Edition, 1992, 529 pp.*