



HỆ SỐ SUY GIẢM ĐỘ SỤT CỦA HỖN HỢP BÊ TÔNG, THI CÔNG TRONG ĐIỀU KIỆN KHÍ HẬU VIỆT NAM

Hồ Ngọc Khoa¹

Tóm tắt: Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu nhằm xác định hệ số suy giảm độ sụt của hỗn hợp bê tông, lưu giữ trong điều kiện có sự bay hơi nước của vữa qua bề mặt hở, dưới ảnh hưởng của các yếu tố khí hậu và thời gian. Hệ số suy giảm độ sụt là một thông số quan trọng để xác định độ sụt ban đầu trong thiết kế cấp phối, đảm bảo độ sụt yêu cầu trước khi đổ vào khuôn và hiệu quả của phương án thi công bê tông.

Từ khóa: Hỗn hợp bê tông; độ sụt; hệ số suy giảm độ sụt; cấp phối bê tông.

Summary: This paper presents the results of concrete slump loss factor determination research during storage process that considers water evaporation through open surface with weather and time influence. Concrete slump loss is a significant factor that could help specify initial slump of concrete mixed design, ensure the requirement of slump before pouring as well as concrete construction efficiency.

Key words: Concrete mortar; slump; slump loss factor; concrete mixed design.

Nhận ngày 11/02/2015, chỉnh sửa ngày 01/3/2015, chấp nhận đăng 31/3/2015



1. Mở đầu

Tính công tác của hỗn hợp bê tông là tính chất công nghệ chỉ khả năng dễ chảy của hỗn hợp bê tông lấp đầy khuôn (hình dạng định trước) khi có tác động cơ học hoặc do khối lượng bản thân mà vẫn bảo toàn tính liên khối và đồng nhất. Để đánh giá tính công tác của bê tông có thể sử dụng hai chỉ tiêu là độ cứng và độ sụt [1]. Trong các tiêu chuẩn về thi công kết cấu bê tông toàn khối hiện nay, sự đảm bảo độ sụt của hỗn hợp vữa trước khi đổ vào khuôn là quan trọng, được quy định trong [1,2]. Đảm bảo độ sụt yêu cầu của hỗn hợp bê tông góp phần làm giảm chi phí nhân công, chi phí máy cho việc đổ, đầm vữa và bê tông đặc chắc, chất lượng hơn.

Ngay sau khi chế trộn, trong quá trình vận chuyển và lưu giữ, hỗn hợp bê tông suy giảm độ sụt so với ban đầu, tốc độ và giá trị suy giảm phụ thuộc vào các yếu tố thi công và môi trường. Một bài toán đặt ra trong phương án thi công bê tông là phải xác định được độ sụt ban đầu của hỗn hợp (độ sụt thiết kế cấp phối) có tính đến sự suy giảm độ sụt trong thời gian lưu giữ dưới ảnh hưởng của các yếu tố thi công và khí hậu, để đảm bảo độ sụt yêu cầu trước khi đổ vào khuôn. Hệ số suy giảm độ sụt là một trong các yếu tố quan trọng để định lượng sự suy giảm độ sụt của hỗn hợp bê tông.



2. Hệ số suy giảm độ sụt của hỗn hợp bê tông

2.1 Độ sụt ban đầu của vữa bê tông

Độ sụt ban đầu của hỗn hợp bê tông (S_{bd}) là độ sụt ngay sau khi chế trộn, được tính toán theo thiết kế cấp phối và yêu cầu của phương án thi công, phụ thuộc chủ yếu vào thành phần, tính chất của vật liệu cấp phối và nhiệt độ ban đầu của vữa. Nhiệt độ môi trường quyết định nhiệt độ ban đầu của hỗn hợp bê tông thông qua nhiệt độ của các thành phần cấp phối và đặc biệt là nhiệt độ nước trộn.

Về mối tương quan giữa nhiệt độ và độ sụt ban đầu của hỗn hợp bê tông trong điều kiện khí hậu nóng, theo tiêu chuẩn ACI 305-72 [3], nhu cầu lượng nước dùng để đảm bảo độ sụt ban đầu của hỗn hợp là 7,5 cm gia tăng đáng kể khi nhiệt độ ban đầu của hỗn hợp tăng dần trong khoảng 5-40°C. Ngược lại, sự tăng nhiệt độ ban đầu của hỗn hợp lên 10-12°C làm giảm độ sụt ban đầu 1 inch (2,54 cm). Kết quả nghiên cứu

¹TS, Khoa Xây dựng Dân dụng và Công nghiệp. Trường Đại học Xây dựng. E-mail: hnkhoa@yahoo.com.

trong [4,5] cũng khẳng định rằng, với cùng tỷ lệ N/X và lượng nước trộn, hỗn hợp bê tông với nhiệt độ thấp hơn sẽ có độ linh động cao hơn. Để đảm bảo độ sụt và cường độ thiết kế của bê tông, cùng với sự tăng nhiệt độ vữa, lượng nước trộn (và xi măng) cũng tăng theo gần như là tuyến tính. Ví dụ, khi nhiệt độ hỗn hợp bê tông N/X=0,6 tăng lên 1°C thì lượng nước trộn cần thêm trong khoảng 0,7÷1,3 l/m³, tương tự đối với hỗn hợp bê tông N/X=0,4 lượng nước trộn cần thêm trong khoảng 0,8÷1,8 l/m³.

Độ sụt ban đầu của vữa bê tông được đảm bảo bởi hồ xi măng (xi măng + nước). Hàm lượng hồ xi măng càng lớn, độ sệt của chúng càng lỏng hơn, độ lưu động càng lớn hơn. Khi tăng lượng xi măng với lượng nước chi phí không đổi (nghĩa là giảm tỷ lệ N/X bằng cách tăng xi măng) thì sự thay đổi độ lưu động của hỗn hợp bê tông là rất nhỏ. Độ lưu động của hỗn hợp thay đổi chỉ khi thay đổi lượng nước chi phí [6].

Độ sụt ban đầu được xác định căn cứ vào độ sụt yêu cầu trước khi đổ bê tông và dự đoán mức độ suy giảm độ sụt trong quá trình lưu giữ và vận chuyển. Để đảm bảo độ sụt ban đầu theo thiết kế, phải tính toán cấp phối với lượng nước trộn, xi măng và phụ gia hóa dẻo hợp lý.

2.2 Độ sụt yêu cầu của hỗn hợp bê tông trước khi đổ vào khuôn

Độ sụt yêu cầu của hỗn hợp bê tông là độ sụt cần thiết được quy định trong phương án thi công, đảm bảo quá trình đổ bê tông đạt chất lượng và hiệu quả (giảm chi phí nhân công). Khi đổ bê tông toàn khối, với mỗi cấu kiện, độ sụt yêu cầu của hỗn hợp là khác nhau, phụ thuộc vào phương pháp đổ, đầm, vị trí đổ (tầng cao), loại cấu kiện, mật độ cốt thép và các điều kiện khác (Bảng 1) [2]. Kiểm tra độ sụt yêu cầu trước khi cho phép đổ bê tông như là một tiêu chí đảm bảo chất lượng, cần được thực hiện nghiêm ngặt và đúng quy trình.

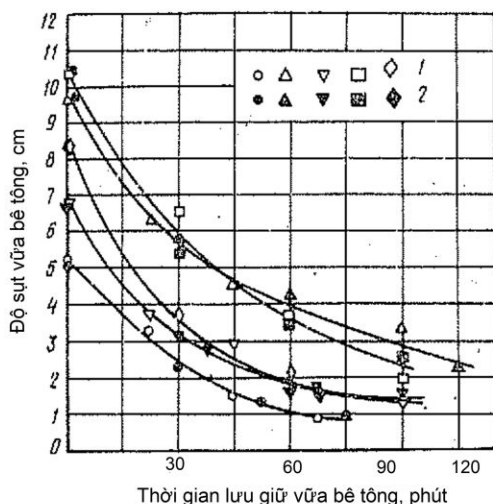
Bảng 1. Yêu cầu về độ linh động của hỗn hợp bê tông trước khi đổ

Loại và tính chất của kết cấu	Độ sụt yêu cầu S _{yêu cầu} cm		Chỉ số độ cứng, s
	Đầm máy	Đầm tay	
Lớp lót dưới móng hoặc nền nhà, nền đường và nền đường băng	0 - 1		50 - 40
Mặt đường và đường, băng, nền nhà, kết cấu khối lớn không hoặc cốt thép (tường chắn, móng bloc...)	0 - 2	2 - 4	35 - 25
Kết cấu khối lớn có tiết diện lớn hoặc trung bình	2 - 4	4 - 6	25 - 15
Kết cấu bê tông cốt thép có mật độ cốt thép dày đặc, tường mỏng, phễu si lô, cột, dầm và bản tiết diện bé... các kết cấu bê tông đổ bằng cốp pha di động	5 - 8	80 - 12	12 - 10
Các kết cấu đổ bằng bê tông bơm	12 - 20		

2.3 Sự suy giảm độ sụt của hỗn hợp bê tông theo thời gian lưu giữ

Sau khi chế trộn, trong thời gian lưu giữ và vận chuyển, độ sụt hỗn hợp bê tông ngay lập tức suy giảm, ở bất cứ điều kiện thời tiết nào. Trong điều kiện khí hậu nóng khô, sự suy giảm độ sụt diễn ra nhanh hơn bởi các yếu tố: tốc độ đông kết diễn ra nhanh do sự tăng nhiệt độ của hỗn hợp trong quá trình lưu giữ và vận chuyển kết hợp với việc mất nước với tốc độ lớn. Nhiệt độ ban đầu của vữa có ảnh hưởng quyết định đến tốc độ suy giảm độ sụt. Hỗn hợp bê tông có nhiệt độ 35-40°C lưu giữ trong điều kiện môi trường nhiệt độ khoảng 20°C suy giảm độ sụt nhanh hơn hỗn hợp bê tông có nhiệt độ 20-25°C lưu giữ trong môi trường nhiệt độ 40°C [4]. Tuy nhiên cũng nhiều nghiên cứu cho rằng, sự mất nước của vữa bê tông không có ảnh hưởng lớn, rõ rệt đến sự suy giảm độ sụt của hỗn hợp như là yếu tố nhiệt độ (Hình 1) [7].

Trong điều kiện khí hậu Việt Nam, kết quả nghiên cứu trong [5] cho thấy tốc độ suy giảm độ sụt lớn hơn ở 30 phút đầu. Giá trị suy giảm phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường, thời gian lưu giữ, nhiệt độ và độ sụt ban đầu của hỗn hợp, có thể đạt tới 6,5÷8 cm sau 30 phút. Độ ẩm tương đối của không khí có ảnh hưởng ít hơn đến sự suy giảm độ sụt của hỗn hợp so với nhiệt độ môi trường. Hỗn hợp bê tông lưu giữ trong điều kiện khô hanh (độ ẩm thấp) suy giảm độ sụt nhiều hơn trong điều kiện ẩm (độ ẩm cao), tuy nhiên sự khác biệt không lớn.



Hình 1. Suy giảm độ sụt hỗn hợp bê tông phụ thuộc trạng thái bay hơi nước
a) có bay hơi nước; b) không bay hơi

Có 3 cơ chế ảnh hưởng cơ bản của nhiệt độ môi trường đến sự suy giảm độ sụt hỗn hợp bê tông: làm nhiệt độ của hỗn hợp cao thông qua nhiệt độ vật liệu cấp phối; làm nhiệt độ của hỗn hợp tăng theo thời gian lưu giữ và vận chuyển, dẫn đến quá trình ninh kết đến sớm hơn với cường độ mạnh hơn; thúc đẩy quá trình mất nước của hỗn hợp, đặc biệt trong trường hợp lưu giữ và vận chuyển trên phương tiện có bề mặt hở. Khi thời gian lưu giữ kéo dài, hỗn hợp mất nước nhiều hơn qua quá trình trao đổi chất với môi trường xung quanh, kết hợp với tốc độ ninh kết của hồ xi măng gia tăng làm giảm nhanh độ sụt của hỗn hợp bê tông.

3. Nghiên cứu thực nghiệm xác định hệ số suy giảm độ sụt hỗn hợp bê tông

3.1 Hệ số suy giảm độ sụt của hỗn hợp bê tông

Hệ số suy giảm độ sụt hỗn hợp bê tông thể hiện mối tương quan giữa độ sụt sau thời gian vận chuyển và lưu giữ với độ sụt ban đầu khi mới trộn, trong điều kiện khí hậu môi trường tương đối cụ thể. Hệ số suy giảm độ sụt η xác định bằng thực nghiệm, phụ thuộc vào giá trị suy giảm độ sụt tại thời điểm xác định và độ sụt ban đầu (công thức 1), bị ảnh hưởng bởi các yếu tố lưu giữ, vận chuyển và khí hậu [6].

$$\eta = \frac{S_T}{S_{bd}} \quad (1)$$

trong đó: S_T là độ sụt của hỗn hợp bê tông sau thời gian lưu giữ và vận chuyển T , cm và S_{bd} là độ sụt ban đầu của hỗn hợp sau khi trộn, cm.

Theo [6], hệ số suy giảm độ sụt hỗn hợp bê tông, lưu giữ và vận chuyển trên phương tiện xe ben tự đổ ở môi trường nhiệt độ khoảng 20°C tăng theo giá trị độ sụt yêu cầu và giảm theo khoảng cách vận chuyển (Bảng 2).

Bảng 2. Giá trị hệ số suy giảm độ sụt hỗn hợp bê tông, vận chuyển bằng xe ben tự đổ

Độ sụt yêu cầu của hỗn hợp bê tông, cm	Khoảng cách vận chuyển, km		
	10	20	30
1...3	0,4	0,2	0,15
4...6	0,45	0,25	-
7...9	0,5	0,35	-
10...14	0,55	-	-

Như vậy, nếu biết hệ số suy giảm độ sụt có nghĩa là dự đoán được tốc độ và giá trị suy giảm độ sụt của hỗn hợp bê tông trong điều kiện thi công và khí hậu cụ thể, xác định được độ sụt ban đầu cần thiết từ độ sụt yêu cầu theo công thức (2), làm cơ sở cho thiết kế cấp phối bê tông và hoàn thiện biện pháp thi công.

$$S_{bd} = \frac{S_{yc}}{\eta} \quad (2)$$

trong đó: η là hệ số suy giảm độ sụt tương ứng với điều kiện thi công; S_{bd} là độ sụt ban đầu cần thiết của hỗn hợp bê tông sau khi trộn, cm và S_{yc} là độ sụt yêu cầu của hỗn hợp trước khi đổ vào khuôn, cm.

3.2 Nghiên cứu xác định hệ số suy giảm độ sụt của vữa bê tông

Để xác định hệ số suy giảm độ sụt, tiến hành các thí nghiệm nhằm làm rõ giá trị suy giảm độ sụt của hỗn hợp bê tông với các điều kiện về cấp phối, môi trường, phương tiện và thời gian lưu giữ khác nhau.

a) Phương pháp và điều kiện thí nghiệm

Thí nghiệm được tiến hành tại khu vực thành phố Hà Nội và Đà Nẵng trong các điều kiện thời tiết đặc trưng cho các chu kỳ nắng nóng, nóng ẩm, khô hanh và ẩm. Thông số nhiệt độ T và độ ẩm tương đối của không khí khi tiến hành thí nghiệm như sau:

- Ẩm: $T = 20 \div 21^\circ\text{C}$, $W = 90 \div 95\%$;
- Khô hanh: $T = 20 \div 22^\circ\text{C}$, $W = 55 \div 65\%$;
- Nóng ẩm: $T = 25 \div 30^\circ\text{C}$, $W = 70 \div 85\%$;
- Nắng nóng: $T = 35 \div 40^\circ\text{C}$, $W = 45 \div 65\%$;

Chuẩn bị thành phần cấp phối theo thiết kế, tiến hành trộn và đo độ sụt hỗn hợp bê tông theo [8]. Lưu giữ hỗn hợp bê tông trực tiếp ngoài môi trường trong điều kiện bay hơi tự nhiên, trên phương tiện xe rửa, điều kiện lưu giữ tương tự như trong quá trình vận chuyển vữa bằng thủ công. Sau 30, 60 và 90 phút tiến hành trộn lại hỗn hợp vữa và đo độ sụt (3 lần đo). Kết quả thí nghiệm được xác định là kết quả trung bình của ba lần đo. Thí nghiệm ở khu vực thành phố Hà Nội sử dụng 7 cấp phối vữa bê tông, ở khu vực thành phố Đà Nẵng sử dụng 11 cấp phối vữa (Bảng 3, 4).

Bảng 3. Cấp phối hỗn hợp bê tông thí nghiệm ở Hà Nội

N/X	Số hiệu cấp phối	Cát, kg	Đá, kg	XM, kg	Nước, lít	S, cm	Phụ gia Sikament R4, lít
0,51	1.1	825	1080	360	184	6÷8	0
0,53	1.2	825	1080	360	192	10÷12	0
0,54	1.3	825	1080	360	195	14÷16	0
0,51	1.4	880	1100	345	177	8÷10	2,08
	1.5	880	1100	345	177	12÷14	2,80
	1.6	880	1100	345	177	14÷16	3,40
	1.7	880	1100	345	177	20÷22	4,14

Bảng 4. Cấp phối hỗn hợp bê tông thí nghiệm ở Đà Nẵng

N/X	Số hiệu cấp phối	Cát, kg	Đá, kg	XM, kg	Nước, lít	S, cm	Phụ gia Sikament R4, lít
0,6	2.1	835	1107	300	180	6÷8	0
	2.2	825	1093	310	186	8÷10	0
	2.3	814	1079	320	192	10÷12	0
	2.4	803	1065	330	198	12÷14	0
	2.5	793	1051	340	204	14÷16	0
	2.6	782	1037	350	210	16÷18	0
0,6	2.7	875	1160	260	156	10÷12	2,6
	2.8	864	1146	270	162	12÷14	2,7
	2.9	853	1131	280	168	14÷16	2,8
	2.10	843	1117	290	174	16÷18	2,9
	2.11	832	1103	300	180	18÷20	3,0

b) Suy giảm độ sụt và hệ số suy giảm độ sụt của hỗn hợp bê tông sau thời gian lưu giữ khác nhau

Trong Bảng 5, 6, 7, 8 thể hiện giá trị độ sụt sau khi trộn và sau 30, 60, 90 phút lưu giữ ở điều kiện bay hơi qua bề mặt thoáng ở bốn điều kiện thời tiết khác nhau (S_{bd} , $S_{30'}$, $S_{60'}$, $S_{90'}$). Từ đó xác định được hệ số suy giảm độ sụt tương ứng ($\eta_{30'}$, $\eta_{60'}$, $\eta_{90'}$) theo công thức (1).

Các yếu tố cơ bản ảnh hưởng đến tốc độ và giá trị suy giảm độ sụt của hỗn hợp bê tông là: thông số khí hậu môi trường (nhiệt độ), độ sụt ban đầu và thời gian lưu giữ. Có sự tương quan thuận giữa sự suy giảm độ sụt và nhiệt độ môi trường, giá trị suy giảm bé nhất ghi nhận ở điều kiện khí hậu ẩm, lớn nhất ở điều kiện nắng nóng. Trong điều kiện nắng nóng, vữa bê tông bị hấp nóng theo thời gian lưu giữ, nhiệt độ của vữa tăng lên, dẫn đến quá trình ninh kết đến sớm hơn với tốc độ lớn hơn. Ngoài ra, nhiệt độ môi trường cao làm hỗn hợp mất nước qua bay hơi nhiều hơn. Thời gian lưu giữ kéo dài sẽ làm hỗn hợp bị phân tầng do quá trình tự lèn, lượng nước mất càng tăng kết hợp với sự tăng tốc độ phản ứng thủy hóa làm giảm lượng nước tự do, liên kết giữa các hạt gia tăng, làm độ linh động (độ sụt) của hỗn hợp giảm mạnh.

Kết quả cho thấy, sự suy giảm độ sụt trong điều kiện khí hậu ẩm và khô hanh không có sự chênh lệch đáng kể. Đối với hỗn hợp bê tông có cùng độ sụt ban đầu, hệ số suy giảm độ sụt với cùng thời gian lưu giữ gần như là tương đương, không có khác biệt lớn, chứng tỏ khi cùng nhiệt độ môi trường, yếu tố độ ẩm tương đối của không khí không có sự ảnh hưởng vượt trội (Bảng 5, 6).

Về khía cạnh ảnh hưởng của N/X đến tổn thất độ sụt, kết quả ở Bảng 7, 8 cho thấy các cấp phối bê tông tỷ lệ N/X khác nhau ($N/X=0,51...0,54$ và $N/X=0,6$), có độ sụt ban đầu tương đương, thời gian lưu giữ và điều kiện thời tiết giống nhau (cấp phối 1.1 và 2.1; 1.2 và 2.3; 1.3 và 2.5, 1.5 và 2.8; 1.6 và 2.9) có sự tổn thất độ sụt với xu hướng N/X nhỏ hơn thì tổn thất ít hơn. Tuy nhiên chênh lệch giá trị tổn thất độ sụt là không lớn, trong khoảng 0...1,5 cm. Có thể sự khác nhau của N/X chưa đủ để tạo ra sự thay đổi lớn về lượng hồ xi măng và nước, các tác nhân quan trọng gây ảnh hưởng đến độ sụt.

Bảng 5. Giá trị và hệ số suy giảm độ sụt hỗn hợp bê tông trong điều kiện khí hậu ẩm

Cấp phối	S_{bd}, cm	$S_{30'}, cm$	$\eta_{30'}$	$S_{60'}, cm$	$\eta_{60'}$	$S_{90'}, cm$	$\eta_{90'}$
1.1	7,0	6,0	0,85	4,0	0,57	3,0	0,42
1.2	12,5	10,0	0,83	7,5	0,60	5,5	0,44
1.3	16,0	12,5	0,78	9,5	0,59	7,0	0,43
1.4	10,0	8,7	0,87	7,0	0,70	6,0	0,60
1.5	13,0	10,5	0,80	9,0	0,69	8,0	0,61
1.6	15,0	13,0	0,86	11,5	0,76	10,0	0,66
1.7	21	18,5	0,88	16,5	0,78	15,0	0,71

Bảng 6. Giá trị và hệ số suy giảm độ sụt hỗn hợp bê tông trong điều kiện khí hậu khô hanh

Cấp phối	S_{bd}, cm	$S_{30'}, cm$	$\eta_{30'}$	$S_{60'}, cm$	$\eta_{60'}$	$S_{90'}, cm$	$\eta_{90'}$
1.1	8,0	6,0	0,75	4,0	0,50	3,0	0,37
1.2	12,0	9,0	0,75	7,0	0,58	5,0	0,41
1.3	14,0	11,0	0,78	8,5	0,60	6,0	0,42
1.4	11,0	9,0	0,81	7,5	0,68	6,0	0,5
1.5	13,0	10,5	0,80	8,5	0,65	7,0	0,53
1.6	14,5	12,0	0,82	10,5	0,72	9,0	0,62
1.7	20,0	17,5	0,87	15,5	0,75	14,5	0,72

Bảng 7. Giá trị và hệ số suy giảm độ sụt hỗn hợp bê tông trong điều kiện khí hậu nóng ẩm

Cấp phối	S_{bd}, cm	$S_{30'}, cm$	$\eta_{30'}$	$S_{60'}, cm$	$\eta_{60'}$	$S_{90'}, cm$	$\eta_{90'}$
1.1	7,0	4,0	0,57	2,0	0,28	1,5	-
1.2	12,0	7,5	0,62	4,0	0,33	2,0	-
1.3	15,5	10,0	0,64	7,0	0,45	4,0	-
2.1	6,5	3,5	0,53	2,0	0,30	0,0	-
2.2	8,0	5,0	0,62	3,0	0,37	0,5	-
2.3	10,5	5,5	0,52	3,5	0,33	1,0	-
2.4	13	7,0	0,53	4,0	0,30	2,0	-
2.5	14	7,5	0,53	4,0	0,28	2,0	-
2.6	17	8,5	0,50	5,0	0,29	3,0	-
1.4	10,0	7,5	0,75	5,5	0,55	4,0	0,40
1.5	13,0	9,5	0,73	7,5	0,57	5,5	0,42
1.6	16,0	12,5	0,78	9,5	0,59	8,0	0,50
1.7	20,5	17,0	0,82	14,5	0,70	12,5	0,60
2.7	10,0	6,0	0,60	4,0	0,40	2,5	0,25
2.8	12,5	8,0	0,64	5,5	0,44	4,0	0,32
2.9	14,0	9,5	0,67	6,5	0,46	5,5	0,39
2.10	16,0	12,0	0,75	8,5	0,53	7,0	0,43
2.11	18,5	14,5	0,78	11,5	0,62	10,0	0,54

Bảng 8. Giá trị và hệ số suy giảm độ sụt hỗn hợp bê tông trong điều kiện khí hậu nắng nóng

Cấp phối	S_{bd} , cm	$S_{30'}$, cm	$\eta_{30'}$	$S_{60'}$, cm	$\eta_{60'}$	$S_{90'}$, cm	$\eta_{90'}$
1.1	8,0	4,0	0,50	1,0	0,12	0,0	-
1.2	12,0	6,0	0,50	3,0	0,25	0,0	-
1.3	15,0	6,5	0,43	3,5	0,23	1,0	-
2.1	6,0	3,0	0,50	1,0	0,16	0,0	-
2.2	7,5	4,0	0,53	1,0	0,13	0,0	-
2.3	11	4,5	0,40	2,0	0,18	0,0	-
2.4	12	5,0	0,41	2,5	0,20	0,5	-
2.5	14	6,0	0,42	3,0	0,21	0,0	-
2.6	16	6,5	0,40	3,5	0,21	1,5	-
1.4	10,0	6,5	0,65	3,0	0,30	0,5	-
1.5	13,0	9,0	0,69	5,5	0,42	3,0	-
1.6	14,0	10,0	0,71	7,0	0,50	3,5	-
1.7	21,0	17,0	0,80	13,5	0,64	10,5	-
2.7	9,0	5,0	0,55	3,0	0,33	0,0	-
2.8	12,0	7,5	0,62	4,5	0,37	0,5	-
2.9	15,0	8,5	0,56	6,5	0,43	1,5	-
2.10	16,5	10,0	0,60	7,5	0,45	2,5	-
2.11	19,0	13,5	0,71	10,0	0,52	7,5	-

Thấy rằng độ sụt của hỗn hợp bê tông không phụ gia lưu giữ trong điều kiện nóng ẩm; của hỗn hợp không và có phụ gia trong điều kiện nắng nóng đều rất thấp sau 90 phút lưu giữ, nhiều giá trị bằng 0 (Bảng 7, 8). Trên quan điểm thi công, tính công tác của hỗn hợp không còn đảm bảo cho đổ bê tông.

c) Xác định hệ số suy giảm độ sụt theo thời gian lưu giữ và độ sụt yêu cầu

Từ giá trị hệ số suy giảm độ sụt sau từng thời gian lưu giữ khác nhau ($\eta_{30'}$, $\eta_{60'}$, $\eta_{90'}$) ở các Bảng 5, 6, 7, 8, có thể tổng hợp đề xuất bảng hệ số suy giảm độ sụt theo thời gian lưu giữ và độ sụt yêu cầu. Phương pháp và nguyên tắc tổng hợp đề xuất như sau:

- Phân chia giá trị độ sụt yêu cầu theo các mức (thang): 3÷5, 6÷8, 9÷11, 12÷14, 15÷17, 18÷20 cm...
- Xác định thời gian lưu giữ (vận chuyển) cụ thể (30, 60 hay 90').
- Xác định điều kiện thời tiết thi công cụ thể.
- Xác định độ sụt tại thời điểm xét ($S_{30'}$, $S_{60'}$ hay $S_{90'}$), gán giá trị này vào các mức (thang) đã phân chia, xem giá trị này như là độ sụt yêu cầu (S_{yc}) cần phải đảm bảo trước khi đổ bê tông.
- Thống kê hệ số suy giảm độ sụt η tương ứng với S_{yc} .
- Tổng hợp, phân tích tập hợp các giá trị η đã thống kê, đề xuất khoảng giá trị hệ số suy giảm độ sụt cho từng điều kiện cụ thể như ở Bảng 9.

Sử dụng phụ gia hóa dẻo làm tăng hệ số suy giảm độ sụt của hỗn hợp bê tông ở tất cả các điều kiện thí nghiệm so với không sử dụng phụ gia. Ví dụ ở điều kiện nắng nóng, độ sụt yêu cầu 3÷5 cm, lưu giữ 30 phút, hệ số suy giảm độ sụt của hỗn hợp có phụ gia là 0,50÷0,55; không có phụ gia là 0,40÷0,45.

Thời gian lưu giữ càng lâu thì hệ số suy giảm càng nhỏ. Đối với hỗn hợp không phụ gia ở điều kiện nóng ẩm, độ sụt yêu cầu 6÷8 cm, hệ số độ sụt ở thời điểm 60' giảm 40% so với ở thời điểm 30' (0,5 xuống 0,3). Giá trị này ở điều kiện thời tiết ẩm và khô hanh là 27% (0,75 xuống 0,55). Như vậy kéo dài thời gian lưu giữ thêm 30 phút phải tăng độ sụt ban đầu lên thêm 67% và 36%. Đối với hỗn hợp bê tông có sử dụng phụ gia, giá trị có nhỏ hơn, ở mức 50% và 23%.

Điều kiện thời tiết thi công ảnh hưởng lớn đến hệ số suy giảm độ sụt. Nhiệt độ môi trường càng cao thì tốc độ suy giảm càng nhanh. Hỗn hợp không phụ gia, độ sụt yêu cầu 6÷8 cm, lưu giữ 30 phút, nếu thay đổi điều kiện lưu giữ từ ẩm hoặc khô hanh → nóng ẩm → nắng nóng, thì hệ số suy giảm độ sụt giảm từ 0,75÷0,80 → 0,50÷0,55 → 0,40÷0,45, nghĩa là độ sụt ban đầu phải tăng từ khoảng 33% → 50% → 87%.

Bảng 9. Hệ số suy giảm độ sụt hỗn hợp bê tông theo thời gian lưu giữ (vận chuyển) trên các phương tiện có bề mặt bay hơi và độ sụt yêu cầu trong các điều kiện thời tiết khác nhau

Điều kiện thời tiết thi công	Sử dụng phụ gia hóa dẻo	Thời gian lưu giữ, vận chuyển					
		30 phút		60 phút		90 phút	
		Độ sụt yêu cầu, cm	Hệ số suy giảm độ sụt, η	Độ sụt yêu cầu, cm	Hệ số suy giảm độ sụt, η	Độ sụt yêu cầu, cm	Hệ số suy giảm độ sụt, η
Ấm: $T = 20 \div 21^{\circ}\text{C}$, $W = 90 \div 95\%$; Khô hanh: $T = 20 \div 22^{\circ}\text{C}$, $W = 55 \div 65\%$;	Không	6÷8	0,75÷0,80	3÷5	0,50÷0,55	3÷5	0,35÷0,40
		9÷11	0,75÷0,80	6÷8	0,55÷0,60	6÷8	0,40÷0,45
		12÷14	0,75÷0,80	9÷11	0,55÷0,60	-	-
	Có	6÷8	0,80÷0,85	6÷8	0,65÷0,70	6÷8	0,50÷0,55
		9÷11	0,75÷0,80	9÷11	0,65÷0,70	9÷11	0,55÷0,60
		12÷14	0,80÷0,85	12÷14	0,65÷0,70	12÷14	0,60÷0,65
		15÷17	0,80÷0,85	15÷17	0,70÷0,75	15÷17	0,65÷0,70
		18÷20	0,85÷0,90	-	-	-	-
Nóng ẩm: $T = 25 \div 30^{\circ}\text{C}$, $W = 70 \div 85\%$;	Không	3÷5	0,50÷0,55	3÷5	0,25÷0,30	-	-
		6÷8	0,50÷0,55	6÷8	0,30÷0,35	-	-
		9÷11	0,55÷0,60	-	-	-	-
	Có	6÷8	0,60÷0,65	3÷5	0,40÷0,45	3÷5	0,25÷0,30
		9÷11	0,65÷0,70	6÷8	0,45÷0,50	6÷8	0,35÷0,40
		12÷14	0,70÷0,75	9÷11	0,55÷0,60	9÷11	0,45÷0,50
	Không	15÷17	0,75÷0,80	12÷14	0,60÷0,65	12÷14	0,50÷0,55
		-	-	-	-	-	-
Nắng nóng: $T = 35 \div 40^{\circ}\text{C}$, $W = 45 \div 65\%$;	Không	3÷5	0,40÷0,45	-	-	-	-
		6÷8	0,40÷0,45	-	-	-	-
	Có	3÷5	0,50÷0,55	3÷5	0,30÷0,35	-	-
		6÷8	0,55÷0,60	6÷8	0,40÷0,45	-	-
		9÷11	0,60÷0,65	9÷11	0,45÷0,50	-	-
		12÷14	0,65÷0,70	12÷14	0,50÷0,55	-	-
		15÷17	0,70÷0,75	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-

Hệ số suy giảm độ sụt càng nhỏ đồng nghĩa với việc độ sụt suy giảm càng cao. Khi hệ số nhỏ hơn 0,5 thì để đảm bảo độ sụt yêu cầu đòi hỏi phải tăng độ sụt ban đầu lên giá trị lớn hơn gấp đôi, kéo theo tăng chi phí vật liệu, ảnh hưởng đến hiệu quả thi công.



4. Kết luận

Hệ số suy giảm độ sụt (η) là đại lượng chỉ sự tương quan giữa độ sụt yêu cầu (S_{yc}) so với độ sụt ban đầu (S_{bd}) của hỗn hợp bê tông, sau khoảng thời gian lưu giữ (vận chuyển) nhất định, trong điều kiện thời tiết cụ thể. Hệ số η được xác định bằng phương pháp thực nghiệm, qua kết quả nghiên cứu sự suy giảm độ sụt của hỗn hợp bê tông, lưu giữ trong điều kiện khí hậu tự nhiên có sự mất nước qua bề mặt thoát.

Trong phạm vi nghiên cứu đã thực hiện, η có mức dao động lớn, từ 0,25 đến 0,80 với thời gian lưu giữ hỗn hợp 30, 60, 90 phút, ứng với độ sụt yêu cầu khác nhau (3÷5, 6÷8, 9÷11, 12÷14, 15÷17, 18÷20 cm).

Hệ số suy giảm độ sụt giảm dần theo thời gian lưu giữ và vận chuyển vừa. Kéo dài thời gian lưu giữ lên 30 phút có thể phải tăng độ sụt ban đầu lên từ 23 đến 67% tùy thuộc điều kiện thời tiết để đảm bảo độ sụt yêu cầu 6÷8 cm. Để tăng hiệu quả công tác bê tông, cần tận dụng mọi giải pháp công nghệ, tổ chức để giảm thời gian lưu giữ và vận chuyển hỗn hợp bê tông ở mức thấp nhất.

Điều kiện thời tiết thi công (yếu tố nhiệt độ môi trường là chủ yếu) ảnh hưởng lớn đến hệ số suy giảm độ sụt hỗn hợp bê tông. Với độ sụt yêu cầu 6÷8 cm, thời gian lưu giữ 30 phút, nếu thay đổi điều kiện lưu giữ từ ẩm hoặc khô hanh sang nắng nóng, thì hệ số suy giảm độ sụt giảm từ 0,75÷0,80 xuống 0,40÷0,45, nghĩa là độ sụt ban đầu phải tăng từ khoảng 33% lên 87%. Như vậy, khi lên kế hoạch đổ bê tông cần lưu ý chọn thời điểm đổ bê tông hợp lý, tránh thời gian nắng nóng trong ngày và chu kỳ nắng nóng nếu có thể. Không nên lưu giữ và vận chuyển hỗn hợp bê tông trong các phương tiện có bề mặt bay hơi quá 60 phút trong điều kiện thời tiết nóng ẩm, quá 30 phút trong điều kiện thời tiết nắng nóng. Sử dụng phụ gia hóa dẻo hợp lý làm tăng hệ số suy giảm độ sụt và kéo dài thời gian vận chuyển hỗn hợp bê tông.

Hệ số suy giảm độ sụt được đề xuất có thể sử dụng để xác định (dự đoán) độ sụt ban đầu trong thiết kế cấp phối bê tông theo công thức $S_{bd} = \frac{S_{yc}}{\eta}$, từ đó có các biện pháp phòng ngừa sự suy giảm độ sụt trong quá trình lưu giữ, vận chuyển, đảm bảo độ sụt yêu cầu trước khi đổ bê tông. Điều kiện áp dụng: hỗn hợp bê tông với hàm lượng xi măng dưới 400kg/m^3 ; $N/X = 0,5 \dots 0,6$; lưu giữ và vận chuyển trên các phương tiện có bề mặt bay hơi trong các điều kiện thời tiết tương tự; hỗn hợp sử dụng phụ gia siêu hóa dẻo giảm nước và kéo dài thời gian ninh kết của bê tông gốc lignosulfonat hoặc tương đương. Trong trường hợp tính chất vật liệu và điều kiện thi công có những khác biệt với phạm vi nghiên cứu, cần tiến hành nghiên cứu bổ sung để điều chỉnh hệ số suy giảm độ sụt cho thích hợp.

Tài liệu tham khảo

1. TCVN 374:2006 *Hỗn hợp bê tông trộn sẵn - Các yêu cầu cơ bản đánh giá chất lượng và nghiệm thu*, Nxb Xây dựng, Hà Nội.
2. TCVN 4453:1995, *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép toàn khối, Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu*, Nxb Xây dựng, Hà Nội.
3. ACI 305-72 *Recommended Practice for Hot Weather Concreting*.
4. Mironov S.A., Malinski E.N. (1985), *Fundamentals of Concrete Technology in a dry climate*, Stroyizdat, Moscow.
5. Hồ Ngọc Khoa, Trần Hồng Hải (2013), "Sự suy giảm độ sụt của hỗn hợp bê tông dưới ảnh hưởng của các yếu tố khí hậu trong quá trình lưu giữ trước khi đổ vào ván khuôn", *Tạp chí KHCN Xây dựng*, Số 17, 9-2013, ĐHXD, Hà Nội.
6. Bazhenov Y.M. (2003), *Technology of concrete*, Publisher Association building universities, Moscow.
7. Burba R.R., Svechin N.V. (1957), "The effects of climatic factors on the production technology of concrete work in summer conditions in Central Asia", *Collection of Scientific Works of the Academy of Sciences of the Uzbek SSR*, Tashkent.
8. TCVN 3106:1993 *Hỗn hợp bê tông nặng - Phương pháp thử độ sụt*, NXBXD, Hà Nội.