

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 14334:2025

Xuất bản lần 1

**KẾT CẤU BÊ TÔNG KHỐI LỚN –
THI CÔNG VÀ NGHIỆM THU**

Mass concrete structures – Execution and acceptance

HÀ NỘI – 2025

Mục lục

	Trang
Lời nói đầu.....	4
1 Phạm vi áp dụng.....	5
2 Tài liệu viện dẫn.....	5
3 Thuật ngữ, định nghĩa.....	6
4 Quy định về kích thước kết cấu bê tông khối lớn.....	7
5 Yêu cầu kỹ thuật đối với kết cấu bê tông khối lớn.....	7
5.1 Giới hạn chênh lệch nhiệt độ lớn nhất giữa tâm và mặt ngoài khối đổ ΔT_{lim}	7
5.2 Giới hạn nhiệt độ cao nhất trong bê tông sau khi đổ T_{lim}	7
5.3 Giới hạn nhiệt độ cao nhất của hỗn hợp bê tông khi đổ $T_{hb,lim}$	7
6 Thi công kết cấu bê tông khối lớn.....	9
6.1 Yêu cầu chung.....	9
6.2 Yêu cầu đối với phương án kiểm soát nhiệt.....	9
6.3 Thành phần bê tông và vật liệu chế tạo.....	10
6.4 Mức tăng nhiệt độ đoạn nhiệt của bê tông và biện pháp điều chỉnh.....	11
6.5 Nhiệt độ hỗn hợp bê tông khi đổ và biện pháp kiểm soát.....	12
6.6 Nhiệt độ cao nhất trong bê tông sau khi đổ và biện pháp kiểm soát.....	14
6.8 Quan trắc nhiệt độ và chênh lệch nhiệt độ.....	19
6.9 Bảo dưỡng bê tông.....	20
6.10 Bọc vật liệu cách nhiệt.....	21
6.11 Tháo dỡ ván khuôn và vật liệu cách nhiệt.....	23
6.12 Công tác kiểm tra.....	23
7 Công tác nghiệm thu.....	24
7.1 Hồ sơ nghiệm thu.....	24
7.2 Xử lý nứt mặt khối bê tông và vùng có nhiệt độ vượt quá giới hạn cho phép.....	25
7.3 Biên bản nghiệm thu.....	25
Phụ lục A (tham khảo) Mẫu biên bản nghiệm thu.....	26
Thư mục tài liệu tham khảo.....	27

Lời nói đầu

TCVN 14334:2025 do Hội Kết cấu và Công nghệ xây dựng biên soạn, Bộ Xây dựng đề nghị, Ủy ban Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng Quốc gia thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Kết cấu bê tông khối lớn – Thi công và nghiệm thu

Mass concrete structures – Execution and acceptance.

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này áp dụng cho việc thi công và nghiệm thu kết cấu bê tông và bê tông cốt thép khối lớn (gọi chung là kết cấu bê tông khối lớn) của các công trình xây dựng dân dụng, công nghiệp, giao thông, hạ tầng kỹ thuật và thủy lợi.

Tiêu chuẩn này áp dụng cho kết cấu bê tông khối lớn làm từ bê tông nặng cấp cường độ chịu nén từ B20 tới B70.

Tiêu chuẩn này không áp dụng cho đập bê tông đầm lăn.

Tiêu chuẩn này quy định kích thước kết cấu bê tông khối lớn; phương án kiểm soát nhiệt cần lập trước khi thi công; yêu cầu kỹ thuật cần tuân thủ khi thi công, đồng thời, chỉ dẫn các biện pháp thi công đảm bảo phương án kiểm soát nhiệt nhằm hạn chế nứt kết cấu bê tông khối lớn do nhiệt thủy hóa xi măng. Các quy định khác về thi công kết cấu bê tông, ngoài tiêu chuẩn này, thực hiện theo TCVN 4453.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau là cần thiết khi áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 2682:2020, *Xi măng pooc lăng – Yêu cầu kỹ thuật*

TCVN 3118:2022, *Bê tông nặng – Phương pháp xác định cường độ chịu nén*

TCVN 4316:2007, *Xi măng pooc lăng xi lò cao*

TCVN 4453, *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép toàn khối – Quy phạm thi công và nghiệm thu*

TCVN 4506:2012, *Nước cho bê tông và vữa – Yêu cầu kỹ thuật*

TCVN 5574:2018, *Thiết kế kết cấu bê tông cốt thép*

TCVN 6016:2011 (ISO 679:2009), *Xi măng – Phương pháp thử xác định cường độ*

TCVN 6067:2018, *Xi măng pooc lăng bẽn sulfat*

TCVN 6069:2007, *Xi măng pooc lăng ít tỏa nhiệt*

TCVN 6070:2005, *Phương pháp xác định nhiệt thủy hóa xi măng*

TCVN 14334:2025

TCVN 6260:2020, *Xi măng pooc lăng hỗn hợp – Yêu cầu kỹ thuật*

TCVN 7570:2006, *Cát liêu cho bê tông và vữa – Yêu cầu kỹ thuật*

TCVN 7712:2013, *Xi măng pooc lăng hỗn hợp ít tỏa nhiệt*

TCVN 8826:2011, *Phụ gia hóa học cho bê tông*

TCVN 8827:2011, *Phụ gia khoáng hoạt tính cao dùng cho bê tông và vữa – Silicafume và tro trấu nghiền mịn*

TCVN 8828:2011, *Bê tông – Yêu cầu bảo dưỡng ẩm tự nhiên*

TCVN 9205:2012, *Cát nghiền cho bê tông và vữa*

TCVN 10302:2014, *Phụ gia hoạt tính tro bay dùng cho bê tông, vữa và xi măng*

TCVN 11586:2016, *Xi hạt lò cao nghiền mịn dùng cho bê tông và vữa*

TCVN 12300:2018, *Phụ gia cuốn khí cho bê tông*

3 Thuật ngữ, định nghĩa

Trong tiêu chuẩn này sử dụng các thuật ngữ và định nghĩa sau:

3.1

Kết cấu bê tông khối lớn (mass concrete structure)

Kết cấu bê tông có kích thước đủ lớn mà nếu không có biện pháp phòng ngừa thích hợp thì sự tích tụ nhiệt từ thủy hóa xi măng và các thay đổi thể tích kèm theo có thể gây nứt bê tông.

3.2

Khối đổ (placement)

Khối bê tông được đổ và hoàn thành trong một đợt đổ bê tông liên tục.

CHÚ THÍCH: Khối đổ có thể là một phần hoặc toàn bộ kết cấu.

3.3

Chênh lệch nhiệt độ cao nhất giữa tâm và mặt ngoài khối đổ (maximum temperature between center and surface of placement), ΔT_{\max}

Mức chênh lệch nhiệt độ cao nhất giữa tâm và mặt ngoài khối đổ, tính bằng độ celsius (°C).

3.4

Nhiệt độ cao nhất trong bê tông sau khi đổ (maximum temperature in concrete after placement), T_{\max}

Nhiệt độ tại điểm có giá trị cao nhất trong khối bê tông sau khi đổ, tính bằng độ celsius, (°C).

3.5

Nhiệt độ hỗn hợp bê tông khi đổ (fresh concrete placing temperature), T_{hb}

Nhiệt độ hỗn hợp bê tông tại thời điểm đổ vào ván khuôn, tính bằng độ celsius (°C).

3.6

Mức nâng nhiệt độ đoạn nhiệt của bê tông (concrete adiabatic temperature rise), ΔT_{dn}

Mức nâng nhiệt độ khối bê tông được cách nhiệt tuyệt đối, toàn bộ nhiệt lượng từ thủy hóa xi măng được tích tụ, làm nóng bê tông mà không thoát ra ngoài, tính bằng độ Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

3.7

Cấp cường độ chịu nén của bê tông (grade of compressive strength of concrete)

Giá trị được kiểm soát nhỏ nhất của cường độ chịu nén tức thời, tính bằng megapascal (MPa), với xác suất đảm bảo không dưới 95 %, được xác định trên các mẫu lập phương chuẩn đã được chế tạo, dưỡng hộ trong điều kiện tiêu chuẩn và thử nén ở tuổi 28 ngày, ký hiệu B.

CHÚ THÍCH: Mẫu lập phương chuẩn để xác định cường độ chịu nén có kích thước (150 × 150 × 150) mm.

[TCVN 5574:2018, 3.1.5]

4 Quy định về kích thước kết cấu bê tông khối lớn

Trong điều kiện khí hậu, vật liệu chế tạo, công nghệ thi công bê tông thông dụng, kết cấu bê tông dạng tấm có kích thước nhỏ nhất lớn hơn hoặc bằng 0,8 m và các dạng còn lại có kích thước nhỏ nhất lớn hơn hoặc bằng 1,2 m có thể xem là khối lớn.

CHÚ THÍCH: Kết cấu bê tông dạng tấm khi kích thước nhỏ nhất (chiều dày) nhỏ hơn 3 lần hai kích thước còn lại.

Người thiết kế xem xét quyết định trong hồ sơ thiết kế hoặc chỉ dẫn kỹ thuật thi công kích thước khác quy định nêu trên.

CHÚ THÍCH: Khuyến nghị kích thước nhỏ hơn quy định trên đối với các kết cấu bê tông không cho phép nứt hoặc thấm nước, lớn hơn quy định trên đối với các kết cấu sử dụng bê tông cấp cường độ chịu nén B20 đến B30 và được thi công vào thời tiết mát (nhiệt độ không khí không quá 24 $^{\circ}\text{C}$).

5 Yêu cầu kỹ thuật đối với kết cấu bê tông khối lớn

5.1 Giới hạn chênh lệch nhiệt độ lớn nhất giữa tâm và mặt ngoài khối đổ ΔT_{lim}

Chênh lệch nhiệt độ lớn nhất giữa tâm và mặt ngoài khối đổ, ΔT_{lim} , lấy theo Bảng 1 căn cứ cấp cường độ chịu nén thiết kế của bê tông, thời gian đóng rắn và loại cốt liệu lớn sử dụng trong bê tông.

5.2 Giới hạn nhiệt độ cao nhất trong bê tông sau khi đổ T_{lim}

Nhiệt độ cao nhất trong bê tông sau khi đổ, T_{lim} , phụ thuộc loại xi măng (chất kết dính) dùng trong bê tông, lấy theo Bảng 2.

5.3 Giới hạn nhiệt độ cao nhất của hỗn hợp bê tông khi đổ $T_{hb,lim}$

Nhiệt độ cao nhất của hỗn hợp bê tông khi đổ vào khuôn, $T_{hb,lim}$, không được lớn hơn 32 $^{\circ}\text{C}$.

Người thiết kế xem xét quyết định trong hồ sơ thiết kế hoặc chỉ dẫn kỹ thuật thi công một hoặc các giới hạn ΔT_{lim} , T_{lim} và $T_{hb,lim}$ nhỏ hơn các giá trị nêu tại 5.1 đến 5.3 đối với các kết cấu bê tông khối lớn không cho phép nứt hoặc thấm nước.

Bảng 1 – Chênh lệch nhiệt độ lớn nhất giữa tâm và mặt ngoài khối đổ ΔT_{lim}

Đơn vị tính bằng độ celsius (°C)

Thời gian đóng rắn, ngày-đêm	ΔT_{lim} ứng với cấp cường độ chịu nén thiết kế của bê tông							
	B20	B25	B30	B40	B45	B50	B60	B70
1 ÷ 2	20	20,5	21	22	22,5	23	24	25
3	22	22,5	23	24	24,5	25	26	27
5	23	23,5	24	25	25,5	26	27	28
≥ 7	24	24,5	25	26	26,5	27	28	29

CHÚ THÍCH 1: Bảng này áp dụng cho cốt liệu lớn gốc granit, bazan, gabro, sỏi; ΔT_{lim} được cộng thêm 2 °C khi sử dụng cốt liệu gốc đá vôi. Ví dụ: khối bê tông cấp cường độ B40 cốt liệu đá vôi ở tuổi 7 ngày có $\Delta T_{lim} = 26 + 2 = 28$ °C.

CHÚ THÍCH 2: ΔT_{lim} được lấy theo bình quyền số liệu cấp cường độ bê tông và thời gian đóng rắn tại bảng này. Ví dụ: khối bê tông cấp cường độ B45 cốt liệu granit ở thời điểm đóng rắn 4 ngày có $\Delta T_{lim} = (24,5 + 25,5)/2 = 25$ °C.

CHÚ THÍCH 3: Khi cấp cường độ chịu nén của bê tông xác định trên mẫu trụ chuẩn (15 × 30) mm thì phải quy đổi cường độ mẫu trụ đó về mẫu lập phương chuẩn (15 × 15 × 15) mm theo TCVN 3118:2022 bằng cách nhân với hệ số 1,2. Ví dụ với cấp C50 (mẫu trụ chuẩn) thì tương đương cấp B60 (mẫu lập phương chuẩn): $50 \times 1,2 = 60$.

Bảng 2 – Nhiệt độ cao nhất trong bê tông sau khi đổ T_{lim}

Đơn vị tính bằng độ celsius (°C)

Loại xi măng (X) hoặc chất kết dính (CKD)	T_{lim}
1. Xi măng pooc lăng hỗn hợp ít tỏa nhiệt theo TCVN 7712:2013	85
2. Xi măng pooc lăng xỉ lò cao theo TCVN 4316:2007	
3. Xi măng pooc lăng hỗn hợp theo TCVN 6260:2020 mà trong bản thân xi măng đã có phụ gia khoáng loại và tỷ lệ (tính theo phần trăm (%) khối lượng xi măng) không nhỏ hơn: a) 35 % xỉ hạt lò cao nghiền mịn (GGBFS) theo TCVN 11586:2016; b) 25 % tro bay loại F (FA – F) theo TCVN 10302:2014; c) 5 % silicafume (SF) theo TCVN 8827:2011 + 25 % GGBFS theo TCVN 11586:2016; d) 5 % SF theo TCVN 8827:2011 + 20 % FA – F theo TCVN 10302:2014.	
4. Chất kết dính làm từ xi măng pooc lăng theo TCVN 2682:2020 pha thêm phụ gia khoáng loại và tỷ lệ (tính theo phần trăm (%) khối lượng CKD) như ghi ở điểm 3.	85
5. Chất kết dính làm từ xi măng pooc lăng ít tỏa nhiệt theo TCVN 6069:2007 hoặc xi măng pooc lăng bèn sulfat theo TCVN 6067:2018 pha thêm phụ gia khoáng loại và tỷ lệ (tính theo phần trăm (%) khối lượng CKD) như ghi ở điểm 3.	
6. Xi măng pooc lăng theo TCVN 2682:2020; Xi măng (chất kết dính) không thuộc các loại ghi ở các điểm 1 đến 5.	70

6 Thi công kết cấu bê tông khối lớn

6.1 Yêu cầu chung

6.1.1 Kết cấu bê tông khối lớn cần được thi công đúng vị trí, kích thước, bê tông tạo hình trong khuôn đặc chắc, đồng nhất, đạt các tính chất cơ lý theo quy định của thiết kế và các yêu cầu đối với kết cấu bê tông khối lớn theo Điều 5.

6.1.2 Trước khi thi công, nhà thầu thi công cần lập và trình duyệt biện pháp thi công kết cấu bê tông khối lớn, bao gồm biện pháp thi công kết cấu bê tông, bê tông cốt thép như kết cấu thông thường (chuẩn bị mặt bằng, ván khuôn – đà giáo, cốt thép, trộn, vận chuyển, đổ, đầm, bảo dưỡng bê tông, v.v.) theo chỉ dẫn của TCVN 4453 và phương án kiểm soát nhiệt theo chỉ dẫn của tiêu chuẩn này.

6.2 Yêu cầu đối với phương án kiểm soát nhiệt

6.2.1 Phương án kiểm soát nhiệt cần lập cho từng khối đổ hoặc nhóm khối đổ có kích thước và tính chất tương đồng. Phương án kiểm soát nhiệt cần đáp ứng yêu cầu kỹ thuật đối với kết cấu bê tông khối lớn nêu tại Điều 5, phù hợp điều kiện thi công và có chi phí hợp lý.

6.2.2 Phương án kiểm soát nhiệt bao gồm các nội dung sau:

- a) Thành phần bê tông và vật liệu chế tạo dự kiến sử dụng;
- b) Mức tăng nhiệt độ đoạn nhiệt của bê tông theo tính toán hoặc thí nghiệm;
- c) Nhiệt độ hỗn hợp bê tông khi đổ dự kiến sử dụng và biện pháp đảm bảo;
- d) Nhiệt độ cao nhất tính toán trong bê tông sau khi đổ dựa trên các điều kiện dự kiến tại thời điểm đổ bê tông. Các thiết bị và biện pháp cụ thể cần áp dụng để đảm bảo nhiệt độ cao nhất trong khối đổ không vượt quá giới hạn nêu tại 5.2;
- e) Chênh lệch nhiệt độ cao nhất tính toán trong khối đổ dựa trên các điều kiện dự kiến tại thời điểm đổ bê tông. Các thiết bị và biện pháp cụ thể cần áp dụng để đảm bảo chênh lệch nhiệt độ giữa tâm và mặt ngoài khối đổ không vượt quá giới hạn nêu tại 5.1;
- f) Thiết bị và quy trình quan trắc, ghi chép nhiệt độ và chênh lệch nhiệt độ. Bản vẽ vị trí đầu đo nhiệt độ trong khối đổ. Biểu mẫu, tần suất cung cấp số liệu nhiệt độ;
- g) Quy trình bảo dưỡng bê tông;
- h) Bọc vật liệu cách nhiệt khối đổ. Biện pháp phòng ngừa chênh lệch nhiệt độ và nhiệt độ vượt quá mức giới hạn nêu tại 5.1 và 5.2, nếu xảy ra;
- l) Quy trình tháo dỡ ván khuôn và vật liệu cách nhiệt để đảm bảo chênh lệch nhiệt độ giữa tâm và các bề mặt phơi lộ không vượt quá giới hạn nêu tại 5.1.

6.2.3 Phương án kiểm soát nhiệt tính toán cần được kiểm chứng trên khối đổ thí nghiệm hoặc cấu kiện đại diện khi thiết kế yêu cầu.

6.2.4 Phương án kiểm soát nhiệt cần được điều chỉnh khi tiến độ thi công kéo dài hơn tiến độ phê duyệt; khi thay đổi điều kiện thời tiết hoặc vật liệu chế tạo; thành phần; công nghệ thi công bê tông.

6.3 Thành phần bê tông và vật liệu chế tạo

6.3.1 Thành phần bê tông

6.3.1.1 Thành phần bê tông dùng cho kết cấu bê tông khối lớn cần thỏa mãn các yêu cầu về độ sụt, độ phân tầng hỗn hợp, cường độ và độ bền lâu như bê tông thông thường, đồng thời cần thỏa mãn các yêu cầu về kiểm soát nhiệt (nhiệt độ hỗn hợp bê tông, nhiệt độ và chênh lệch nhiệt độ khối bê tông).

6.3.1.2 Thành phần bê tông dùng cho kết cấu bê tông khối lớn cần được chọn để bê tông đạt các tính chất cơ lý đề ra, đồng thời đạt mức tăng nhiệt độ đoạn nhiệt nhỏ nhất có thể trên nguồn vật liệu chế tạo, điều kiện thời tiết và công nghệ thi công dự kiến áp dụng. Trong thành phần bê tông dùng cho kết cấu bê tông khối lớn, yêu cầu về độ sụt, độ phân tầng của hỗn hợp, cường độ và độ bền lâu của bê tông có thể điều tiết bằng lượng nước trộn, tỷ lệ N/X (N/CKD), mác và loại xi măng (chất kết dính); yêu cầu về kiểm soát nhiệt có thể điều tiết thông qua sử dụng xi măng có mức tỏa nhiệt hợp lý, xi măng (CKD) pha phụ gia khoáng hoạt tính và phụ gia hóa học.

CHÚ THÍCH: Khuyến nghị chọn vật liệu chế tạo bê tông theo 6.3.2; biện pháp giảm mức tăng nhiệt độ đoạn nhiệt bê tông ΔT_{dn} theo 6.4.

6.3.1.3 Nên sử dụng cấp cường độ bê tông tuổi 60 ngày, 90 ngày hoặc dài ngày hơn để giảm hàm lượng xi măng (chất kết dính). Khi đó, thành phần bê tông chọn theo cấp cường độ tương ứng tuổi bê tông thiết kế, quy đổi về cấp cường độ bê tông tuổi 28 ngày (B) để áp dụng tiêu chuẩn này.

6.3.1.4 Trong một khối đổ có thể sử dụng hai thành phần bê tông, một cho bê tông phần trong, một cho bê tông phần ngoài, hoặc theo chiều cao, một cho bê tông phần dưới, một cho bê tông phần trên. Khi đó, chiều dày phần ngoài lấy nhỏ hơn phần trong, chiều cao phần trên lấy thấp hơn phần dưới, đồng thời hàm lượng xi măng được tập trung nhiều hơn cho phần trên và phần ngoài. Thành phần bê tông và kích thước từng phần được tính toán trong phương án kiểm soát nhiệt áp dụng cho khối đổ cụ thể.

6.3.2 Vật liệu chế tạo bê tông

6.3.2.1 Xi măng (chất kết dính)

- a) Loại xi măng (chất kết dính): Nên dùng một trong các loại nêu ở các điểm 1 đến 5 trong Bảng 2, ưu tiên loại có mức nhiệt thủy hóa sau 28 ngày (ký hiệu q_{28} , kJ/kg, thử theo TCVN 6070:2005) theo thứ tự: rất thấp (ký hiệu VLH, $q_{28} \leq 250$ kJ/kg); thấp (ký hiệu LH, $q_{28} \leq 290$ kJ/kg); trung bình (ký hiệu MH, $q_{28} \leq 335$ kJ/kg).
- b) Mác xi măng (chất kết dính) thử theo TCVN 6016:2011: Nên dùng mác 40 cho B20 đến B40; mác 50 cho B40 đến B70.

6.3.2.2 Phụ gia cho bê tông

- a) Phụ gia khoáng trong xi măng (chất kết dính) nên dùng các loại sau:
 - Xi lò cao nghiền mịn (GGBFS) theo TCVN 11586:2016;
 - Tro bay loại F (FA - F) theo TCVN 10302:2014;
 - Phụ gia khoáng hoạt tính cao (SF) theo TCVN 8827:2011 kết hợp GGBFS hoặc (FA - F).

CHÚ THÍCH: Không dùng riêng loại phụ gia SF mà phải phối hợp SF với phụ gia khoáng khác; tỷ lệ phụ gia khoáng tối thiểu theo điểm 3 trong Bảng 2.

- b) Phụ gia hóa học nên sử dụng loại giảm nước cao – chậm đông kết theo TCVN 8826:2011 (hoặc phụ gia này kết hợp phụ gia cuốn khí theo TCVN 12300:2018). Không dùng phụ gia đông rắn nhanh.

CHÚ THÍCH: Khuyến nghị sử dụng phụ gia có khả năng giảm nước trộn bê tông (độ sụt ĐS = (170 ± 190) mm, cốt liệu lớn $D_{max} = 20$ mm, cát mô đun độ lớn $M_{dl} \geq 2,2$) tới $N \leq (160 \pm 5)$ L/m³ khi dùng cát tự nhiên, $N \leq (170 \pm 5)$ L/m³ khi dùng cát nghiền, $N \leq (165 \pm 5)$ L/m³ khi dùng cát hỗn hợp tự nhiên – nghiền và kéo dài đông kết theo nhu cầu thi công, nhưng không ít hơn 1 h.

6.3.2.3 Cốt liệu cho bê tông

- a) Cốt liệu lớn cần thỏa mãn TCVN 7570:2006, đường kính hạt lớn nhất (D_{max}) ở mức cao nhất có thể (tùy thuộc kích thước kết cấu, khoảng cách giữa các thanh cốt thép và công nghệ thi công). Nên dùng loại cốt liệu lớn có hệ số giãn nở nhiệt thấp theo thứ tự đá vôi, gabro, bazan, granit, sỏi.
- b) Cốt liệu nhỏ cát tự nhiên phù hợp TCVN 7570:2006, cát nghiền phù hợp TCVN 9205:2012 hoặc hỗn hợp cát tự nhiên – nghiền đáp ứng hai tiêu chuẩn trên. Nên dùng cát mô đun độ lớn $M_{dl} \geq 2,2$ cho bê tông B20 đến B40, $M_{dl} \geq 2,5$ và hàm lượng hạt nhỏ hơn 0,14 mm dưới 10 % cho bê tông B50 đến B70.

6.3.2.4 Nước trộn

Nước trộn và bảo dưỡng bê tông cần phù hợp TCVN 4506:2012.

6.4 Mức tăng nhiệt độ đoạn nhiệt của bê tông và biện pháp điều chỉnh

6.4.1 Xác định mức tăng nhiệt độ đoạn nhiệt ΔT_{dn}

Giá trị ΔT_{dn} (tính bằng °C) có thể xác định trên khối bê tông thí nghiệm hoặc bằng phương pháp tính toán.

CHÚ THÍCH: Có thể tính gần đúng ΔT_{dn} của bê tông theo công thức:

$$\Delta T_{dn} = (q_t \cdot X) / (c_b \cdot \gamma_b) \quad (1)$$

trong đó:

- q_t là nhiệt thủy hóa xi măng (TCVN 6070:2005) ở tuổi τ ngày, tính bằng kJ/kg;
- X là hàm lượng xi măng (chất kết dính) trong 1m³ bê tông, tính bằng kg/m³;
- c_b là nhiệt dung riêng của hỗn hợp bê tông, lấy bằng 1,05 kg/(m³·°C);
- γ_b là khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông, lấy bằng 2 450 kg/m³.

VÍ DỤ: Bê tông B40 dùng xi măng tỏa nhiệt trung bình (MH, $q_{28} = 335$ kJ/kg) với $X = 400$ kg/m³ có:

$$\Delta T_{dn,28} = 335 \times 400 / (1,05 \times 2\,450) = 52 \text{ °C.}$$

6.4.2 Các biện pháp điều chỉnh giảm ΔT_{dn}

6.4.2.1 Chọn xi măng (chất kết dính) nhiệt thủy hóa thấp như ở 6.3.2.1.

6.4.2.2 Giảm hàm lượng xi măng bằng các biện pháp nêu tại 6.3.1.2, 6.3.1.3, 6.3.2.2 và 6.3.2.3.

CHÚ THÍCH: Giảm ΔT_{dn} là một trong các biện pháp hiệu quả để giảm T_{max} trong kết cấu bê tông khối lớn. Khi điều chỉnh, cần cân nhắc hiệu quả của biện pháp này so với biện pháp giảm nhiệt độ hỗn hợp bê tông khi đổ theo 6.5.

6.5 Nhiệt độ hỗn hợp bê tông khi đổ và biện pháp kiểm soát

6.5.1 Xác định nhiệt độ hỗn hợp bê tông khi đổ T_{hb} , °C

6.5.1.1 T_{hb} được xác định bằng tổng của nhiệt độ hỗn hợp bê tông khi trộn T_T (tính bằng °C), và mức thay đổi nhiệt độ hỗn hợp bê tông khi vận chuyển ΔT_{vc} (tính bằng °C): $T_{hb} = T_T + \Delta T_{vc}$.

6.5.1.2 T_T được xác định trên cơ sở cân bằng nhiệt lượng vật liệu chế tạo bê tông và nhiệt lượng hỗn hợp bê tông trộn ra từ nó.

CHÚ THÍCH: Trong điều kiện bình thường, T_T thường giao động quanh nhiệt độ trung bình ngày không khí T_{kk} (tính bằng °C). T_T tương đương hoặc cao hơn T_{kk} khoảng $(1 \div 2)$ °C khi cốt liệu được che nắng, bê tông được trộn đổ vào ban đêm. T_T cao hơn T_{kk} khoảng $(3 \div 6)$ °C khi bê tông được trộn đổ vào ban ngày.

6.5.1.3 ΔT_{vc} được xác định cho toàn bộ thời gian vận chuyển hỗn hợp bê tông (bao gồm từ trạm trộn tới công trường và trong phạm vi công trường) hoặc tính toán gần đúng căn cứ chênh lệch T_T với nhiệt độ không khí t_{kk} và thời gian vận chuyển.

CHÚ THÍCH: Trung bình, ΔT_{vc} tăng (hoặc giảm) 0,15 °C khi t_{kk} cao hơn (hoặc thấp hơn) T_T khoảng 1 °C trong thời gian vận chuyển bê tông 1 h. Ví dụ, khi vận chuyển hỗn hợp bê tông $T_T = 20$ °C ở $t_{kk} = 30$ °C trong 2h, nhiệt độ hỗn hợp sau vận chuyển tăng $0,15 \times 2 \times (30 - 20) = 3$ °C, tức T_{hb} khi đó thành 23 °C.

6.5.1.4 Khi lập phương án kiểm soát nhiệt, nên chọn T_{hb} ban đầu bằng nhiệt độ trung bình ngày không khí T_{kk} , tính bằng °C, kết hợp vật liệu chế tạo, thành phần bê tông chọn theo 6.3 để tính toán xác định T_{max} và ΔT_{max} khối đổ. Nếu không đáp ứng yêu cầu kỹ thuật tại Điều 5 thì điều chỉnh giảm Δ_{dn} của thành phần bê tông theo 6.4.2 hoặc T_{hb} theo 6.5.2 và 6.5.3.

6.5.2 Biện pháp kiểm soát nhiệt độ hỗn hợp bê tông khi trộn

6.5.2.1 Nguyên tắc chung

Để giảm nhiệt độ hỗn hợp bê tông trộn có thể áp dụng một hoặc kết hợp các biện pháp sau: hạ nhiệt độ cốt liệu, giảm nhiệt độ nước trộn, sử dụng đá băng thay thế một phần nước trộn, làm lạnh hỗn hợp bê tông bằng nitor lỏng.

CHÚ THÍCH: Trung bình, để giảm 1 °C nhiệt độ hỗn hợp bê tông trộn, cần giảm nhiệt độ hoặc cốt liệu $(1,6 \div 1,8)$ °C, hoặc xi măng $(8 \div 10)$ °C, hoặc nước trộn $(4,5 \div 5,5)$ °C, hoặc thay $(6,0 \div 7,0)$ kg nước trộn bằng đá băng.

6.5.2.2 Biện pháp giảm T_T bằng hạ nhiệt độ cốt liệu

- Che nắng kho, bãi chứa cốt liệu.
- Che nắng bãi chứa hoặc giữ cát, đá trong kho có mái che để hạn chế tác động trực tiếp của mặt trời làm nóng cốt liệu. Cốt liệu nên được thổi mát thêm bằng không khí có nhiệt độ thấp hơn vào ban đêm và sáng sớm. Phương pháp này cho phép hạ T_T tương đương T_{kk} .
- Phun ướt đá dăm, sỏi và quạt cho nước bay hơi.
- Phun ướt bề mặt đá dăm, sỏi trong kho chứa theo chu kỳ, sau đó quạt cho nước bay hơi để hút nhiệt từ cốt liệu. Phương pháp này cho phép hạ T_T khoảng 8 °C.
- Làm lạnh cát bằng nước lạnh:

Đưa nước lạnh chạy qua hộc chứa cát để hạ nhiệt độ cát. Nước đã chảy qua cát thu hồi về máy để làm lạnh lại. Phương pháp này cho phép hạ T_{tr} khoảng 4 °C.

f) Nhúng đá dăm, sỏi vào nước lạnh:

Nhúng thùng (có đáy hoặc thành hờ) chứa đá dăm, sỏi vào nước lạnh với thời gian đủ cho độ lạnh thấm sâu vào hạt cốt liệu, sau đó đổ lên băng tải rung để loại bớt nước trước khi đưa vào máy trộn. Phương pháp này cho phép hạ T_{tr} khoảng 12 °C.

g) Phun nước lạnh lên cốt liệu:

Phun nước làm lạnh đến 4 °C lên cát hoặc đá dăm chạy trên băng chuyền trước khi vào máy trộn. Phương pháp này cho phép hạ T_{tr} khoảng 7 °C.

Tưới nước mát nhiều lần từ nước máy, nước giếng, nước sông hồ lên cốt liệu cho phép hạ T_{tr} khoảng (1 ÷ 2) °C.

h) Làm lạnh bằng chân không:

Hút chân không (tới 6 mm thủy ngân) silô, thùng kín dung tích 100 T đến 300 T chứa cát hoặc đá. Nhờ chân không, nước bay hơi khỏi cốt liệu làm cốt liệu hạ nhiệt độ. Phương pháp này cho phép hạ T_{tr} khoảng 18 °C.

CHÚ THÍCH: Lượng nước cốt liệu hấp thụ qua xử lý làm lạnh phải được tính đến trong thành phần bê tông thi công.

6.5.2.3 Biện pháp giảm T_{tr} bằng hạ nhiệt độ nước trộn

Biện pháp này đơn giản, hiệu quả nhất để giảm nhiệt độ hỗn hợp bê tông. Cách làm như sau:

- a) Sử dụng nước từ máy lạnh nhiệt độ (2 ÷ 4) °C (đường ống, bình chứa nước lạnh cần được bảo ôn) làm nước trộn bê tông. Biện pháp này cho phép giảm T_{tr} khoảng (3 ÷ 4) °C;
- b) Pha nước lạnh (2÷4) °C với nước thường làm nước trộn bê tông. Biện pháp này cho phép giảm T_{tr} khoảng (1 ÷ 3) °C.

6.5.2.4 Biện pháp giảm T_{tr} bằng sử dụng đá băng thay một phần nước trộn

Bào hoặc đập nhỏ đá băng tới kích thước viên đặc 2 cm hoặc viên rỗng 3 cm và bảo quản chúng trong thùng chứa riêng (thùng chứa và các bộ phận tiếp xúc đá băng cần được bảo ôn; đá viên, đá bào không được kết dính). Từ đây, đá băng được định lượng trực tiếp vào máy trộn. Tùy theo yêu cầu giảm T_{tr} , đá băng có thể thay một phần hay toàn bộ nước trộn. Thời gian trộn cần đủ để đá băng tan chảy hết và hỗn hợp bê tông đạt độ đồng nhất. Sử dụng đá băng cho phép hạ T_{tr} khoảng (4 ÷ 16) °C.

6.5.2.5 Làm lạnh hỗn hợp bê tông bằng nitơ lỏng

Bơm nitơ lỏng - chất lỏng trơ đông lạnh ở nhiệt độ âm 190 °C từ thùng chứa qua ống kim trực tiếp vào hỗn hợp bê tông đã trộn để hạ T_{hb} tới nhiệt độ yêu cầu, nhưng trên nhiệt độ đóng băng. Phương pháp này cho phép hạ nhiệt độ hỗn hợp bê tông xuống tới (2 ÷ 3) °C, tuy nhiên phương pháp này chỉ nên áp dụng trong trường hợp thực sự cần thiết.

6.5.3 Biện pháp giảm tổn thất nhiệt độ hỗn hợp bê tông lạnh khi vận chuyển

6.5.3.1 Giảm thời gian vận chuyển hỗn hợp bê tông từ trạm trộn tới công trường và trong phạm vi công trường (thời gian bơm, cầu, chạy trên băng chuyền, máng đổ).

6.5.3.2 Sử dụng xe thùng trộn sơn màu sáng. Che nắng bằng chướng ngại vật vận chuyển hỗn hợp bê tông, làm mát thùng chứa xe ben, máy bơm bê tông tới nhiệt độ không khí trước khi tiếp xúc hỗn hợp bê tông.

6.5.3.3 Vận chuyển - đổ bê tông vào thời điểm nhiệt độ không khí trong ngày thấp như vào ban đêm hoặc sáng sớm (21 h đêm đến 9 h sáng).

6.5.4 Nhiệt độ hỗn hợp bê tông sau khi trộn, trong quá trình vận chuyển, đổ khuôn được đo bằng nhiệt kế với độ chính xác tới 1 °C cắm ngập sâu trong hỗn hợp bê tông tối thiểu 5 cm.

6.5.5 Nhiệt độ trung bình hỗn hợp bê tông khi đổ (1 số đo/xe trộn) phải không vượt quá T_{hb} phương án kiểm soát nhiệt đã duyệt, trong đó, giá trị nhiệt độ lớn nhất không được vượt quá 3 °C so với T_{hb} .

6.6 Nhiệt độ cao nhất trong bê tông sau khi đổ và biện pháp kiểm soát

6.6.1 Xác định nhiệt độ cao nhất trong bê tông sau khi đổ T_{max}

T_{max} là tổng của nhiệt độ hỗn hợp bê tông khi đổ T_{hb} (xem 6.5) và mức tăng nhiệt độ cao nhất trong bê tông sau khi đổ ΔT_x , tính theo công thức: $T_{max} = T_{hb} + \Delta T_x$, trong đó, ΔT_x được xác định trên khối đổ thí nghiệm hoặc bằng tính toán căn cứ vật liệu, thành phần bê tông, T_{hb} , kích thước khối đổ và các thông số liên quan khác.

CHÚ THÍCH: Các khối bê tông móng bê kích thước mặt bằng lớn, dày trên 3 m thường có ΔT_x gần bằng ΔT_{dn} (xem 6.4).

6.6.2 Biện pháp kiểm soát nhiệt độ cao nhất trong bê tông sau khi đổ

6.6.2.1 Các biện pháp giảm T_{max}

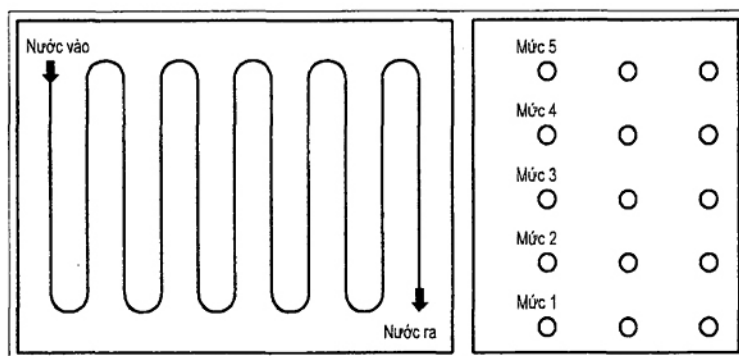
- Giảm mức tăng nhiệt độ đoạn nhiệt ΔT_{dn} (6.4) hoặc T_{hb} (6.5) hoặc kết hợp cả hai;
- Chuyển thi công vào các ngày mát và vào ban đêm; hạn chế thi công bê tông ở nhiệt độ không khí trên 35 °C;
- Giảm nhiệt độ khu vực đổ bê tông khi nắng nóng bằng cách phun mù hơi nước; dùng khung mái di động đặt cách bề mặt khối đổ (2 ÷ 8) m để che nắng và tránh nhiệt đối lưu truyền từ mái che tới mặt bê tông; che phủ tạm trong và sau thời gian đổ bê tông được làm lạnh tới khi nhiệt độ bê tông trong ván khuôn bằng nhiệt độ không khí bên ngoài;
- Đổ các xe trộn hỗn hợp bê tông có nhiệt độ thấp vào vùng lõi, nhiệt độ cao hơn vào các vùng biên khối đổ;
- Bọc vật liệu cách nhiệt ở mức nhiệt trở hợp lý. Cấu tạo vật liệu cách nhiệt thành (2 ÷ 3) lớp để khi ΔT_{max} nhỏ hơn ΔT_{lim} (xem 5.1), có thể tháo dỡ dần, tăng tốc độ thoát nhiệt từ khối đổ. Việc bọc vật liệu cách nhiệt mặt hở và ván khuôn thép cần được đặc biệt chú ý khi thi công vào thời tiết lạnh (nhiệt độ không khí về đêm xuống dưới 10 °C).
- Đưa nhiệt từ khối bê tông ra ngoài bằng ống đặt trong khối đổ (6.6.2.2). Biện pháp này đòi hỏi chi

phí lớn nên cần xem xét áp dụng khi nhiệt độ cao nhất tính toán T_{max} vượt quá T_{lim} (xem 5.2) hoặc khi cần tháo ván khuôn nhanh.

- g) Sử dụng hợp lý cấp cường độ bê tông (6.6.2.3);
- h) Phân chia khối đổ (6.6.2.4).

6.6.2.2 Đưa nhiệt từ khối bê tông ra ngoài

- a) Đưa nhiệt từ khối đổ ra ngoài (còn gọi giải nhiệt) là biện pháp đặt các dàn ống thép vào trong khối đổ (Hình 1), sau đó dùng nước lạnh tuần hoàn qua ống để đưa nhiệt từ khối bê tông ra ngoài. Việc đặt dàn ống phải do các tổ chức chuyên nghiệp tính toán và thực hiện. Kết cấu dàn ống phải được thiết kế đảm bảo vận hành an toàn, thoát nhiệt thuận lợi, không gây tắc vữa bơm lấp đầy khi kết thúc giải nhiệt.



Hình 1 – Sơ đồ mặt bằng (trái) và các mức theo chiều cao (phải) dàn ống thoát nhiệt

- b) Ống thép nên sử dụng loại có đường kính ngoài (25 ÷ 30) mm, dày khoảng (1,5 ÷ 1,8) mm. Các ống có thể đặt trước khi đổ bê tông, cố định vào khung cốt thép khối đổ, hoặc đặt trực tiếp lên bề mặt trên của đợt đổ trước hoặc lên bề mặt lớp bê tông vừa đổ. Trong một khối đổ có thể bố trí một tới nhiều dàn ống. Mỗi dàn ống có thể cấu tạo từ các đoạn ống thẳng và các đoạn ống cong nối với nhau như Hình 1 với số mối nối ít nhất có thể. Mỗi dàn ống nên có tổng chiều dài khoảng (150 ÷ 225) m (trường hợp cần giải nhiệt nhanh có thể lấy ngắn hơn). Các dàn ống dùng chung đường ống cấp nước nên lấy chiều dài bằng nhau để cân bằng dòng chảy và đảm bảo hiệu quả giải nhiệt đều. Bước đặt ống theo phương ngang và phương đứng nên lấy như nhau và trong khoảng (1,0 ÷ 1,5) m (trường hợp cần giải nhiệt nhanh có thể lấy nhỏ hơn) để phân bố lạnh đồng đều trong khối đổ. Toàn bộ dàn ống, đặc biệt vùng nối cần được định vị chắc chắn để không bị lung lay hoặc gây rò rỉ nước khi đổ, đầm bê tông. Từng dàn ống cần được thử độ kín nước trước khi phủ hỗn hợp bê tông. Mỗi dàn ống cần được lắp đồng hồ đo lưu lượng dòng chảy và nhiệt độ nước đầu ra. Ống cấp nước chung được lắp đồng hồ đo nhiệt độ nước đầu vào.
- c) Để giữ cho ống không bị nổi trong hỗn hợp bê tông mới đổ, nên tuần hoàn nước ngay tại thời điểm bê tông bắt đầu phủ ống. Ống hoặc mối nối bị hư hại do hỗn hợp bê tông mới đổ (hoặc do dụng cụ thi công rơi, máy đầm và các yếu tố khác) cần được sửa chữa ngay bằng các đoạn ống và mối nối dự phòng chuẩn bị từ trước. Hỗn hợp mới đổ xung quanh ống hư hại được lấy ra, phần ống

hư hại được thay bằng đoạn ống dự phòng. Tất cả các đoạn ống hư hại được loại bỏ để không gây cản trở lưu lượng nước chảy qua ống.

d) Thiết bị bơm và làm lạnh nước:

- Công suất trạm bơm được xác định từ số dàn ống cần đồng thời vận hành theo tiến độ đổ bê tông. Lưu lượng dòng chảy thường lấy khoảng $(15 \div 18)$ L/min hoặc $(0,25 \div 0,3)$ L/s đối với ống đường kính 25 mm. Nước lạnh lấy từ máy làm lạnh hoặc nguồn nước sinh hoạt. Nếu lấy từ sông, hồ hoặc nguồn nước công nghiệp, cần lọc loại bỏ cặn để giảm khả năng tắc nghẽn hệ thống tại các chỗ uốn cong, nút thắt, van không chế;
- Trừ khi chiều dài dàn ống ngắn, các dòng chảy qua đường ống nên được đảo chiều hàng ngày (tự động hay thủ công) nhờ các ống đầu chéo và các van tại trạm bơm hoặc tại các đường ống cấp/thoát phục vụ cho mỗi dàn ống riêng biệt. Các đoạn ống cấp nên được bảo ôn để đảm bảo nhiệt độ nước quy định tại đầu cấp. Quy cách của hệ thống phân phối và mức tổn hao cho phép tính theo quy định thiết kế cấp thoát nước thông thường;
- Quy mô và số lượng máy làm lạnh nước được dựa trên yêu cầu tối đa (số dàn cùng hoạt động, nhiệt độ nước đầu vào, nhu cầu thay đổi cho toàn bộ thời gian giải nhiệt dự kiến). Nước làm lạnh tới 3 °C nên được sử dụng cho giải nhiệt trong giai đoạn đầu. Khi cần nhiệt độ thấp hơn tới 1 °C có thể sử dụng hỗn hợp 70 % nước và 30 % chất chống đông băng (propylene glycol).

e) Kiểm soát dòng chảy:

- Đường ống cấp và thu nước: Các đầu cấp, đầu thu hồi hoặc các ống đứng cần được bố trí trên các khoảng cách thuận tiện và gắn đồng hồ đo nhiệt độ. Nên sử dụng các đầu nối đa năng và ống mềm để kết nối ống cấp/thoát với các dàn ống;
- Tốc độ làm lạnh: Giai đoạn từ khi đổ tới trước khi bê tông đạt đỉnh nhiệt độ đầu tiên, khi bê tông còn ở trạng thái có mô đun đàn hồi thấp, từ biến cao, có thể làm lạnh với tốc độ cao nhất có thể. Sau đó, việc làm lạnh cần khống chế ở tốc độ và nhiệt độ nước hợp lý để đảm bảo chênh lệch nhiệt độ giữa các điểm trong khối đổ không vượt quá giới hạn nêu tại 5.1.

f) Tạm dừng:

Việc làm lạnh cần tạm dừng (sau đỉnh nhiệt độ đầu tiên) khi xuất hiện một trong các dấu hiệu sau:

- Chênh lệch nhiệt độ giữa hai điểm bất kỳ trong khối bê tông đạt ΔT_{lim} (lấy theo 5.1 đối với bê tông đóng rắn tại thời điểm đo nhiệt độ);
- Nhiệt độ bê tông đã giảm 17 °C dưới giá trị đỉnh nhiệt độ đầu tiên;
- Bê tông đã đạt nhiệt độ ổn định cuối cùng hoặc nhiệt độ thiết kế quy định.

Việc làm lạnh được phục hồi khi nhiệt độ bê tông tăng trở lại.

g) Kết thúc:

Việc làm lạnh kết thúc khi ngừng tuần hoàn nước trong một khoảng thời gian (khuyến nghị 12 h) mà T_{max} và ΔT_{max} không tăng hoặc tăng không đáng kể, đồng thời thấp hơn giới hạn nêu tại 5.2, 5.1.

h) Quan trắc nhiệt độ:

Thực hiện theo 6.8, bổ sung thêm các điểm đo sau: sát một ống lạnh nhất (đầu vào) và nóng nhất (đầu ra) ở một dàn (để kiểm tra chênh lệch nhiệt độ bê tông trong phạm vi một dàn); giữa ống lạnh nhất (hoặc nóng nhất) của một dàn và ống nóng nhất (hoặc lạnh nhất) liền kề nó nhưng ở dàn bên cạnh (để kiểm tra chênh lệch nhiệt độ lớn nhất trong bê tông giữa các dàn).

Nước cần được đo nhiệt độ tại đầu ống cấp và thu hồi để kiểm soát lượng nhiệt đưa ra khỏi khối bê tông.

- i) Sau khi kết thúc giải nhiệt, toàn bộ các dàn ống được bơm rửa sạch, thổi hết nước và lấp đầy bằng vữa xi măng bơm ép. Vữa xi măng cần có cường độ không thấp hơn cường độ bê tông kết cấu. Khi vữa đông rắn, cắt bỏ phần ống ngoài phạm vi khối đổ.

6.6.2.3 Sử dụng hợp lý cấp cường độ bê tông

Người thiết kế xem xét quyết định cấp bê tông hợp lý cho kết cấu, đảm bảo yêu cầu chịu lực, độ bền lâu, dễ thực hiện và tiết kiệm chi phí thi công, kiểm soát nhiệt:

- a) Đối với các kết cấu chịu tải muộn hơn 28 ngày, nên sử dụng cấp cường độ ở tuổi 60, 90 ngày hoặc lâu hơn để giảm lượng xi măng trong bê tông. Đối với các kết cấu chịu tải sớm, nên chọn cấp cường độ ở mức hợp lý, tránh chọn cấp cường độ bê tông cao đại trà gây lãng phí;
- b) Cấp cường độ bê tông B khuyến nghị như sau:
- B40 đến B50 ở tuổi 28 ngày hoặc 60 ngày đối với các đài móng khối lớn của nhà siêu cao tầng, trụ tháp, trụ cầu lớn hoặc sàn truyền ứng lực trước;
 - B50 đến B70 ở tuổi 28 ngày đối với các cột, trụ chịu lực lớn, các dầm truyền, dầm ứng lực trước;
 - B20 đến B40 ở tuổi 28 ngày đối với các kết cấu khác.

6.6.2.4 Phân chia khối đổ

- a) Tùy theo kích thước, đặc điểm kết cấu và điều kiện thi công, có thể phân chia kết cấu thành nhiều khối đổ theo phương đứng hoặc phương ngang hoặc cả hai. Thời gian ngừng giữa hai khối đổ liền kề phải đủ để ΔT_{\max} giữa tâm và mặt khối đổ trước không vượt quá giới hạn nêu tại 5.1.
- b) Mạch ngừng thi công cần được tẩy sạch lớp màng xi măng tới khi lộ ra lớp vữa hoặc hạt cốt liệu nằm phía dưới nó. Màng xi măng có thể được tẩy sạch bằng phun nước áp lực cao (nếu dưới 2 ngày sau khi đổ bê tông) hoặc máy đánh sờm gắn bàn chải sắt, đá mài hoặc phun cát. Bề mặt bê tông sau khi tẩy màng xi măng cần được giữ ở trạng thái bão hòa nước nhưng không đọng nước. Sau đó, đổ bê tông mới tiếp giáp vào hoặc trải một lớp vữa kết nối mỏng ($10 \div 15$) mm (thành phần giống như vữa xi măng - cát trong bê tông) rồi đổ bê tông mới lên. Tại các tiết diện chịu lực xung yếu, thiết kế có thể bố trí thêm cốt thép liên kết. Không dùng nước lạnh có nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ bề mặt khối đổ ($3 \div 4$) °C khi xử lý làm sạch mạch ngừng thi công.

6.6.3 Dự phòng tình huống rủi ro nhiệt độ cao nhất trong bê tông T_{max} vượt quá giới hạn T_{lim}

Để phòng ngừa T_{max} vượt quá T_{lim} , cần đảm bảo T_{max} tính toán trong biện pháp kiểm soát nhiệt không vượt quá $0,95T_{lim}$ (giá trị T_{lim} nêu tại 5.2) và được kiểm chứng trên khối đổ thí nghiệm hoặc một cấu kiện đại diện.

CHÚ THÍCH 1: Khuyến nghị kiểm chứng T_{max} trên khối đổ thí nghiệm kích thước bằng hoặc lớn hơn ($2 \times 2 \times 2$) m đối với kết cấu móng bê tông cốt thép cấp cường độ lớn hơn hoặc bằng B40 và dày hơn hoặc bằng 3 m; kiểm chứng T_{max} trên một cấu kiện đại diện (có cấp cường độ và kích thước tương đương cấu kiện sẽ thi công) đối với các dạng kết cấu còn lại;

CHÚ THÍCH 2: Trước khi đổ bê tông cấu kiện đại diện hoặc khối đổ thí nghiệm, nên thí nghiệm nhiệt thủy hóa của xi măng (chất kết dính) theo TCVN 6070:2005 hoặc mức tăng nhiệt độ đoạn nhiệt bê tông để kiểm tra số liệu tính toán;

CHÚ THÍCH 3: Biện pháp kiểm soát nhiệt trên cấu kiện đại diện có thể áp dụng cho các cấu kiện tương đồng hoặc nhỏ hơn đồng thời về kích thước và cấp cường độ bê tông.

6.7 Chênh lệch nhiệt độ lớn nhất trong bê tông khối đổ và biện pháp kiểm soát

6.7.1 Xác định chênh lệch nhiệt độ lớn nhất giữa tâm và mặt ngoài khối đổ ΔT_{max}

Chênh lệch nhiệt độ lớn nhất giữa tâm và mặt ngoài khối đổ xác định theo tính toán hoặc căn cứ kết quả đo trên khối đổ thí nghiệm, cấu kiện đại diện.

6.7.2 Biện pháp kiểm soát chênh lệch nhiệt độ lớn nhất giữa tâm và mặt ngoài khối đổ

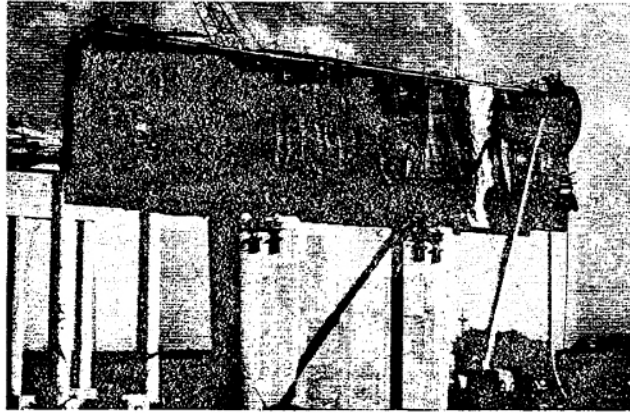
6.7.2.1 Để chênh lệch nhiệt độ lớn nhất ΔT_{max} theo tính toán không vượt quá ΔT_{lim} nêu tại 5.1 thì cần áp dụng một hoặc kết hợp các biện pháp công nghệ sau:

- Giảm T_{max} (theo 6.6.2);
- Bọc vật liệu cách nhiệt khối đổ (theo 6.10). Biện pháp này cơ bản và hiệu quả;
- Tháo dỡ ván khuôn và vật liệu cách nhiệt đúng thời điểm (theo 6.11).

6.7.3 Dự phòng tình huống rủi ro chênh lệch nhiệt độ giữa tâm và mặt ngoài khối đổ ΔT_{max} vượt quá ΔT_{lim}

Để phòng ngừa $\Delta T_{max} > \Delta T_{lim}$ (nêu tại 5.1) khi thi công cần:

- Có vật liệu cách nhiệt dự phòng (bạt che) để bọc thêm khối đổ khi xảy ra $\Delta T_{max} > \Delta T_{lim}$;
- Có biện pháp chống sốc nhiệt khối đổ cho tình huống nhiệt độ bề mặt bị hạ đột ngột, cụ thể:
 - Bảo dưỡng bê tông bằng nhiệt độ nước không thấp hơn nhiệt độ bề mặt ($3 \div 4$) °C;
 - Khi có gió mùa đông bắc, mưa rào hoặc gió mạnh ($v > 15$ m/s), mặt hồ và các mặt ván khuôn cần được chống mát nhiệt nhanh bằng cách phủ bạt, nilon, vải dứa hoặc vật liệu thích hợp tạo thành đệm không khí kín bao quanh khối đổ (Hình 2), đặc biệt tại các gờ cạnh và góc.



Hình 2 – Dùng bạt che phủ chống sốc nhiệt khối đổ

6.8 Quan trắc nhiệt độ và chênh lệch nhiệt độ

6.8.1 Thời gian quan trắc nhiệt độ

Để xác định sự phù hợp T_{max} và ΔT_{max} của khối đổ với các giới hạn nêu tại Điều 5, quan trắc nhiệt độ bê tông và môi trường không khí xung quanh cần được thực hiện trong toàn bộ giai đoạn kiểm soát nhiệt, từ khi đổ bê tông tới khi tháo ván khuôn, nhưng không ít hơn 7 ngày.

6.8.2 Thiết bị đo nhiệt độ

- Các cặp nhiệt điện, nhiệt kế bền vững trong bê tông khối đổ, cặp quang thủy tinh;
- Nhiệt kế trong các ống đặt trước trong bê tông.

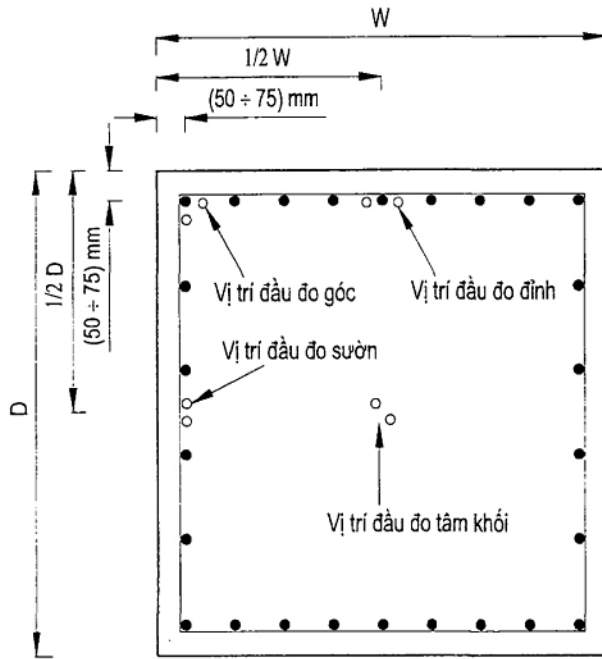
6.8.3 Vị trí cần đo nhiệt độ trong khối bê tông

- Tại tâm khối đổ, hoặc nơi dự kiến xuất hiện nhiệt độ cao nhất.
- Tại các mặt ngoài gồm mặt hở và các mặt sườn ván khuôn (các vị trí khác theo chỉ dẫn thiết kế).

Mỗi vị trí đo nên có một cặp đầu đo nhiệt độ chính thức, một cặp dự phòng hoặc 1 ống đặt trước trong bê tông để đo bằng nhiệt kế. Đầu đo nhiệt độ mặt ngoài nên đặt cách mặt bê tông (50 ± 100) mm, trong lớp cốt thép đai như trên Hình 3. Khi thi công trong thời tiết có thể đột ngột trở lạnh, nên bỏ sung đầu đo nhiệt tại góc, gờ cạnh.

6.8.4 Bố trí đầu đo nhiệt độ

6.8.4.1 Bản vẽ bố trí đầu đo nhiệt độ trong khối bê tông như ví dụ trên Hình 3.



Hình 3 – Vị trí đặt đầu đo nhiệt độ tại đỉnh, tâm, góc và sườn khối đổ

6.8.4.2 Lắp đặt đầu đo trong khối đổ:

- Dây đo tâm và mặt được luồn trong ống gen (đường kính khoảng 15 mm) hoặc buộc trên thanh thép, neo chắc vào khung cốt thép rồi dẫn ra ngoài khối đổ;
- Ống nhựa đo nhiệt độ bằng nhiệt kế được đặt trước trong khối bê tông khi đổ tới vị trí cần đo. Nhiệt kế được cắm vào ống tới chiều sâu cần đo (điểm đo phải có nước), giữ tại đây tới khi số đo ổn định.

6.8.5 Tần suất đo nhiệt độ và cung cấp số liệu

Nhiệt độ bắt đầu đo ngay sau khi hỗn hợp bê tông phủ kín đầu đo (số đo đầu), sau đó đo theo tần xuất: ngày đầu tiên: (1 ÷ 2) h/lần, ngày thứ 2: (2 ÷ 4) h/lần; ngày thứ 3: (4 ÷ 8) h/lần; các ngày tiếp theo (8 ÷ 12) h/lần (số nhỏ cho khối đổ kích thước nhỏ nhất dưới 2 m). Tần xuất khác - theo chỉ dẫn thiết kế.

6.9 Bảo dưỡng bê tông

6.9.1 Hoàn thiện mặt bê tông sau khi đổ

6.9.1.1 Ngay sau khi kết thúc đổ bê tông, mặt bê tông cần được hoàn thiện, xử lý khuyết tật, làm phẳng, không để đọng nước.

6.9.1.2 Khi xuất hiện các vết nứt do co mềm trên bề mặt bê tông mới đổ, có thể xoa, vỗ, đầm lại lớp mặt để xóa các vết nứt này, nhưng phải trong thời gian bê tông còn đầm được (ấn ngón tay vào bê tông thấy còn lún).

6.9.2 Quy trình bảo dưỡng bê tông

6.9.2.1 Ngay sau khi hoàn thiện bề mặt, nếu theo tính toán, khối đổ không cần bọc vật liệu cách nhiệt thì bê tông cần được bảo dưỡng ẩm theo TCVN 8828:2011 kèm theo các yêu cầu bổ sung sau:

- Chỉ dùng nước phun tia, không dùng nước vòi xối thẳng lên mặt khối đổ;
- Nhiệt độ nước bảo dưỡng bằng hoặc thấp hơn nhiệt độ mặt khối đổ không quá $(3 \div 4) ^\circ\text{C}$;
- Tổng thời gian bảo dưỡng không ít hơn 7 ngày;
- Trường hợp dùng màng bảo dưỡng thì theo hướng dẫn của nhà sản xuất, trường hợp dùng phương pháp khác thì theo quy trình của phương pháp đó, trường hợp khối đổ được bọc vật liệu cách nhiệt thì bảo dưỡng cùng quá trình bọc vật liệu cách nhiệt theo 6.10.

6.9.2.2 Vào thời tiết nóng, cần che nắng trực tiếp trên khối bê tông mới đổ để bê tông không bị tăng nhiệt, xi măng không bị thủy hóa mạnh hơn làm tăng nhiệt độ bê tông.

CHÚ THÍCH: Các lều, mái che nắng khi đổ bê tông có thể tiếp tục được sử dụng.

6.10 Bọc vật liệu cách nhiệt

6.10.1 Vị trí bọc vật liệu cách nhiệt

Khi chênh lệch nhiệt độ tính toán giữa tâm T_{\max} và nhiệt độ thấp nhất của môi trường (ở giai đoạn kiểm soát nhiệt) lớn hơn ΔT_{lim} (nêu tại 5.1), khối đổ cần được bọc vật liệu cách nhiệt. Vật liệu cách nhiệt cần được bọc tại ván khuôn thành, ván khuôn đáy (nếu có) và phủ kín mặt hồ khối đổ.

6.10.2 Vật liệu cách nhiệt

Vật liệu cách nhiệt nên dùng các loại có hệ số dẫn nhiệt thấp, ít hút ẩm, ở trạng thái khô (độ ẩm không lớn hơn 12 %).

Đối với vật liệu tấm hoặc cuộn:

- Tấm xốp polystyrene (EPS) có khối lượng thể tích $\gamma = (20 \div 40) \text{ kg/m}^3$, chiều dày $(10 \div 50) \text{ mm}$; tấm hoặc cuộn polyetylen (PE) có $\gamma = (20 \div 40) \text{ kg/m}^3$, chiều dày $(3 \div 15) \text{ mm}$;
- Tấm bông khoáng hoặc bông thủy tinh có khối lượng thể tích $\gamma = (80 \div 200) \text{ kg/m}^3$, chiều dày tấm $(25 \div 100) \text{ mm}$.

Đối với vật liệu rời:

Hạt polystyrene xốp, trấu, xỉ, cát khô và vật liệu khác để phủ bề mặt bê tông..

6.10.3 Chiều dày vật liệu cách nhiệt

Vật liệu cách nhiệt được bọc với chiều dày phù hợp nhiệt trở yêu cầu R_{value} (tính bằng $\text{m}^2\cdot\text{K/W}$), căn cứ mức chênh lệch nhiệt độ giữa mặt khối đổ (mà vật liệu cách nhiệt cần giữ ẩm) so với nhiệt độ không khí thấp nhất trong giai đoạn kiểm soát nhiệt.

CHÚ THÍCH 1: Khuyến nghị bố trí vật liệu cách nhiệt thành một hoặc nhiều lớp với R_{value} bằng tổng nhiệt trở của các lớp $R_{\text{value}(i)}$; chiều dày vật liệu từng lớp bằng $R_{\text{value}(i)}$ nhân với hệ số dẫn nhiệt của vật liệu lớp đó;

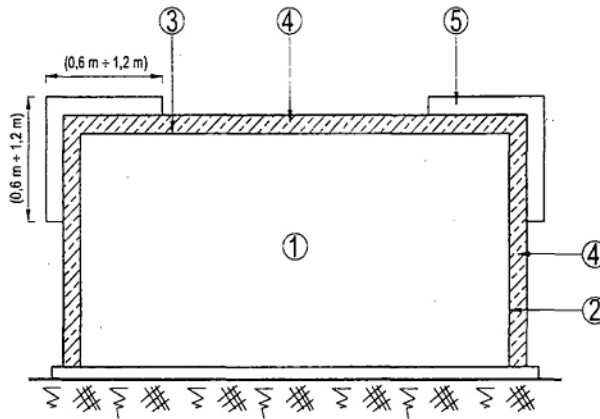
CHÚ THÍCH 2: Khuyến nghị chỉ bọc vật liệu cách nhiệt chiều dày phù hợp R_{value} ; khi bọc cao hơn R_{value} , bê tông thoát nhiệt chậm, T_{max} có thể vượt quá giới hạn hoặc kéo dài thời điểm tháo khuôn; khi bọc thấp hơn R_{value} , ΔT_{max} vượt quá ΔT_{lim} , khối đổ có thể bị nứt.

6.10.4 Quy trình bọc vật liệu cách nhiệt

6.10.4.1 Bọc ván khuôn: Bọc vật liệu cách nhiệt áp sát mặt ngoài ván khuôn, che chắn, neo giữ để tránh mưa và gió bốc. Nên bọc vật liệu cách nhiệt khi lắp dựng ván khuôn, trước lúc đổ bê tông.

6.10.4.2 Phủ mặt bê tông: Sau khi hoàn thiện, phủ ngay nilon và vật liệu cách nhiệt lên bề mặt bê tông. Đầu tiên trải một lớp nilon (polyethylene) kín mặt bê tông để chống mất nước và ngăn nước từ bê tông tiếp xúc với vật liệu cách nhiệt. Sau đó, ép các tấm, cuộn vật liệu cách nhiệt khít lớp nilon này hoặc trải các vật liệu rời cho đủ chiều dày yêu cầu. Đối với vật liệu rời thì cần che đậy ở phía trên (vải bạt, nilon) để giữ ổn định và chống mưa. Đối với vật liệu tấm hoặc cuộn thì nên dùng nhiều lớp, lớp trên phủ kín các mối nối lớp dưới, che đậy neo giữ lớp trên để tránh mưa, gió. Đối với các khối đổ có diện tích bề mặt lớn thì hoàn thiện bề mặt bê tông đến đâu, tiến hành phủ nilon và vật liệu cách nhiệt ngay đến đấy.

6.10.4.3 Sơ đồ bọc vật liệu cách nhiệt cho khối đổ được thể hiện trên Hình 4.



CHÚ DẪN:

- 1 Bê tông
- 2 Ván khuôn
- 3 Nilon
- 4 Lớp cách nhiệt cơ bản
- 5 Lớp cách nhiệt tăng cường cho gờ cạnh và góc

Hình 4 – Sơ đồ bọc vật liệu cách nhiệt

6.10.5 Chống mất nhiệt nhanh ở các gờ cạnh và góc kết cấu

Các gờ cạnh và góc kết cấu bê tông khối lớn thường bị mất nhiệt nhanh, tạo ra chênh lệch nhiệt độ lớn giữa chúng với tâm khối bê tông và gây nứt bê tông gờ cạnh hoặc góc. Vì vậy, cần có biện pháp tránh mất nhiệt nhanh cho các gờ cạnh và góc, đặc biệt khi thời tiết trở lạnh đột ngột hoặc có mưa, gió lớn. Việc cách nhiệt tăng cường ở các gờ cạnh và góc kết cấu được thực hiện bằng cách tăng gấp đôi chiều dày cách nhiệt (số với chiều dày tính toán nêu tại 6.10.3) trên khoảng cách từ 0,6 m tới 1,2 m tính từ các gờ cạnh và góc (Hình 4).

Nên cấu tạo vật liệu cách nhiệt thành (2 ÷ 3) lớp để tháo dỡ dần, điều chỉnh tốc độ thoát nhiệt từ khối đổ ra ngoài khi chênh lệch nhiệt độ ΔT_{\max} nhỏ hơn ΔT_{lim} nêu tại 5.1.

6.11 Tháo dỡ ván khuôn và vật liệu cách nhiệt

6.11.1 Tháo dỡ ván khuôn và vật liệu cách nhiệt kết cấu bê tông khối lớn cần thực hiện theo chỉ dẫn của TCVN 4453 như đối với kết cấu bê tông cốt thép toàn khối, đồng thời, theo chỉ dẫn của tiêu chuẩn này để đảm bảo không xảy ra sốc nhiệt gây nứt bê tông.

6.11.2 Thời điểm tháo ván khuôn và vật liệu cách nhiệt

6.11.2.1 Ván khuôn và vật liệu cách nhiệt chỉ được tháo khi chênh lệch nhiệt độ giữa tâm khối đổ và không khí bên ngoài không vượt quá ΔT_{lim} (nêu tại 5.1 theo cấp cường độ, tuổi bê tông).

6.11.2.2 Trường hợp cần tháo ván khuôn thành để luân chuyển mà chênh lệch nhiệt độ còn lớn hơn giới hạn cho phép thì mặt bê tông lộ ra môi trường phải được bọc tạm lại ngay vật liệu cách nhiệt.

6.11.2.3 Để tránh sốc nhiệt, nên tháo ván khuôn và vật liệu cách nhiệt vào thời điểm ấm nhất trong ngày (buổi trưa hoặc đầu giờ chiều). Không tháo lúc trời mưa hoặc có gió mạnh.

6.11.3 Tháo dỡ vật liệu cách nhiệt và ván khuôn nên thực hiện theo 2 bước, đầu tiên rời lòng ván khuôn và vật liệu cách nhiệt, để lại tại chỗ một thời gian (khoảng 1 ngày đêm) mới dỡ ra chuyển đi. Đối với vật liệu rời thì tháo trước lớp vật liệu phía trên, xáo trộn vật liệu rời, hôm sau thu lại chuyển đi.

6.12 Công tác kiểm tra

6.12.1 Kiểm tra trước khi đổ bê tông

- Vật liệu xi măng hoặc chất kết dính (loại, nhiệt thủy hóa), phụ gia khoáng, phụ gia hóa học cát, đá (sỏi), nước (6.3);
- Thành phần bê tông sử dụng (6.3);
- Nhiệt độ vật liệu chế tạo bê tông;
- Công tác che nắng cốt liệu, cấp nước lạnh, đá băng và công nghệ hạ nhiệt;
- Thiết bị trộn, vận chuyển, đổ bê tông, làm mát không gian trên khối đổ;
- Công tác lắp đặt các thiết bị đo nhiệt độ bê tông trong khối đổ;
- Công tác bọc vật liệu cách nhiệt ván khuôn;
- Công tác lắp đặt, cấp nước, thoát nước và vận hành thử hệ dàn ống giải nhiệt (nếu có).

6.12.2 Kiểm tra trong và sau khi đổ bê tông

- Nhiệt độ hỗn hợp bê tông khi trộn, sau khi vận chuyển, khi đổ khuôn (theo từng xe bồn);
- Phủ nilon, lắp vật liệu cách nhiệt mặt hở, gờ cạnh, góc khối đổ (theo tiến độ hoàn thiện);
- Vận hành dàn ống giải nhiệt (nếu có);

- d) Nhiệt độ cao nhất T_{max} , thời điểm đạt nhiệt độ cao nhất trong bê tông khối đổ theo thời gian;
- e) Nhiệt độ môi trường không khí xung quanh theo thời gian;
- f) Chênh lệch theo thời gian nhiệt độ giữa tâm và các mặt khối đổ; nhiệt độ bê tông vùng dàn ống;
- g) Nhiệt độ, chênh lệch nhiệt độ cao nhất tại thời điểm tháo dỡ vật liệu cách nhiệt và ván khuôn;
- h) Biện pháp đã áp dụng để ngăn chặn nhiệt độ T_{max} , chênh lệch nhiệt độ ΔT_{max} vượt quá ΔT_{lim} ;
- i) Nhiệt độ nước và thời gian bảo dưỡng bê tông.

6.12.3 Kiểm tra sau khi tháo ván khuôn

- a) Nứt mặt khối đổ (vị trí, chiều rộng, chiều dài) khi tháo ván khuôn và sau đó 1, 2 đến 3 ngày;
- b) Vị trí, thời điểm khối đổ có nhiệt độ T_{max} , chênh lệch nhiệt độ ΔT_{max} vượt quá ΔT_{lim} ;
- c) Khuyết tật bê tông, tính liên khối của các khối chia (nếu áp dụng).

7 Công tác nghiệm thu

7.1 Hồ sơ nghiệm thu

Ngoài hồ sơ nghiệm thu kết cấu bê tông như đối với kết cấu thông thường ghi trong TCVN 4453, đối với kết cấu bê tông khối lớn, cần bổ sung kết quả thực hiện phương án kiểm soát nhiệt như sau:

- a) Thành phần bê tông và vật liệu chế tạo;
- b) Số liệu nhiệt độ hỗn hợp bê tông khi đổ khuôn, nhiệt độ môi trường;
- c) Chất lượng bọc vật liệu cách nhiệt;
- d) Chất lượng lắp đặt hệ thống dàn ống giải nhiệt (nếu có) và kết quả vận hành;
- e) Bản vẽ lắp đặt thiết bị đo nhiệt độ khối đổ;
- f) Diễn biến nhiệt độ cao nhất trong bê tông sau khi đổ tại tâm và giữa các ống giải nhiệt (nếu áp dụng);
- g) Diễn biến chênh lệch nhiệt độ nhiệt độ cao nhất giữa tâm và mặt ngoài khối bê tông; giữa các ống và các dàn giải nhiệt (nếu áp dụng);
- h) Thời điểm tháo ván khuôn và vật liệu cách nhiệt; nhiệt độ, chênh lệch nhiệt độ trong – ngoài khối bê tông, nhiệt độ môi trường khi tháo ván khuôn, tháo vật liệu cách nhiệt;
- i) Thời gian bảo dưỡng ẩm, nhiệt độ nước bảo dưỡng bê tông;
- k) Xử lý nứt mặt bê tông sau thi công (nếu có);
- l) Xử lý các vùng nhiệt độ cao nhất trong bê tông T_{max} vượt quá T_{lim} (nếu có);
- m) Khuyết tật bê tông, tính liên khối của bê tông chia khối (nếu áp dụng).

7.2 Xử lý nứt mặt khối bê tông và vùng có nhiệt độ vượt quá giới hạn cho phép

Trường hợp bê tông bị nứt tại mặt khối hoặc có nhiệt độ cao nhất T_{max} vượt quá T_{lim} (nêu tại 5.2) thì việc xử lý vết nứt và bê tông quá nhiệt sẽ do người thiết kế xem xét quyết định.

CHÚ THÍCH 1: Khuyến nghị xử lý vết nứt mặt (để chống thấm và bảo vệ cốt thép) có chiều rộng không vượt quá giới hạn như sau:

- Vết nứt rộng ($0,15 \div 0,3$) mm: bơm lấp đầy bằng keo epoxy chuyên dụng; nhỏ hơn 0,15 mm – không bơm lấp đầy;
- Phủ kín mặt vết nứt đã làm đầy bằng sơn epoxy (3 lớp, bằng 200 mm) hoặc chống thấm bằng biện pháp thích hợp khác.

CHÚ THÍCH 2: Khuyến nghị xử lý vùng bê tông có nhiệt độ T_{max} vượt T_{lim} (nêu tại 5.2) như sau:

- Khoan lấy lõi (theo TCVN 12252:2020) đường kính tối thiểu 100 mm tại vùng quá nhiệt. Tạo tối thiểu 3 viên đường kính 100 mm, chiều cao ($100 \div 200$) mm để nén và 3 mặt cắt mài bóng để soi cấu trúc. Thời điểm khoan mẫu không sớm hơn 60 ngày sau khi thi công.
- Nếu các mặt cắt mài bóng không nứt, không soi thấy các vết rạn xung quanh các hạt cốt liệu lớn và cường độ bê tông trung bình vị trí quá nhiệt không nhỏ hơn cấp cường độ bê tông thiết kế thì vùng bê tông kiểm tra có thể chấp nhận nghiệm thu.

7.3 Biên bản nghiệm thu

7.3.1 Công tác nghiệm thu được tiến hành tại hiện trường. Những nội dung nghiệm thu kết cấu bê tông khối lớn được viết thành biên bản có chữ ký của đại diện của chủ đầu tư và các nhà thầu liên quan. Mẫu biên bản nghiệm thu kết cấu bê tông khối lớn có thể tham khảo Phụ lục A.

Kết cấu bê tông, bê tông cốt thép khối lớn được nghiệm thu khi thi công đạt yêu cầu thiết kế và các tiêu chuẩn áp dụng, không bị nứt, không bị quá nhiệt (hoặc đã được xử lý nứt, quá nhiệt theo 7.2).

7.3.2 Các tài liệu bao gồm: bản vẽ thiết kế và chỉ dẫn thi công, bản vẽ hoàn công, phiếu kiểm tra chất lượng vật liệu, phương án kiểm soát nhiệt được duyệt và kết quả thực hiện, biên bản nghiệm thu giữa các bên, nhật ký thi công cần được chủ đầu tư lưu giữ để sử dụng lâu dài.

Phụ lục A
(tham khảo)

Mẫu biên bản nghiệm thu

BIÊN BẢN NGHIỆM THU KẾT CẤU BÊ TÔNG KHỐI LỚN

- 1. Tên kết cấu
- 2. Thuộc công trình:
- 3. Thành phần tham gia nghiệm thu:
 - a) Đại diện Chủ đầu tư:
 - b) Đại diện Tư vấn giám sát:
 - c) Đại diện nhà thầu thi công:
 - d) Đại diện tổ chức thiết kế:
- 4. Địa điểm và thời gian nghiệm thu:
- 5. Chỉ tiêu đánh giá chất lượng:

Số TT	Sự phù hợp chất lượng kết cấu so với thiết kế, tiêu chuẩn áp dụng	Kết quả đánh giá
1	Vị trí, kích thước, hình dáng kết cấu	Đạt (không đạt)
2	Chủng loại thép, khung cốt thép, chiều dày bê tông bảo vệ cốt thép	Đạt (không đạt)
3	Chất lượng vật liệu, thành phần, hỗn hợp bê tông sử dụng	Đạt (không đạt)
4	Biện pháp thi công kết cấu theo quy định của TCVN 4453	Đạt (không đạt)
5	Các tính chất cơ lý (cường độ nén, uốn, chống thấm nước, mài mòn, v.v.)	Đạt (không đạt)
6	Phương án kiểm soát nhiệt theo quy định của TCVN 9341:2024	Đạt (không đạt)
7	Tình trạng nứt mặt kết cấu do chênh lệch nhiệt độ, co ngót hoặc nguyên nhân khác ¹⁾	Không có (hoặc có nhưng đã xử lý)
8	Tình trạng nhiệt độ cao nhất trong bê tông vượt quá giới hạn cho phép	Không có (hoặc có nhưng đã xử lý)
9	Các chỉ tiêu khác (nếu có quy định)	Đạt (không đạt)

6. Nghiệm thu:

Chấp nhận nghiệm thu kết cấu (ghi đầy đủ tên kết cấu công trình) đã thi công đạt các yêu cầu thiết kế và tiêu chuẩn áp dụng.

Chữ ký của đại diện các thành phần tham gia nghiệm thu.

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] TCXDVN 305:2004, *Bê tông khối lớn – Quy phạm thi công và nghiệm thu*
 - [2] Báo cáo kết quả đề tài "Nghiên cứu cơ sở khoa học và thực nghiệm phục vụ cho việc hoàn thiện Tiêu chuẩn thi công bê tông khối lớn trong điều kiện Việt Nam", mã số RD 41 – 19.
 - [3] ACI 301-16, *Specifications for Structural Concrete* (Điều kiện kỹ thuật cho kết cấu bê tông)
 - [4] ACI 201.2R-16, *Guide to Durable Concrete* (Hướng dẫn cho bê tông bền lâu)
 - [5] ACI 207.2R, *Report on Thermal and Volume Change Effects on Cracking of Mass Concrete* (Báo cáo về ảnh hưởng sự thay đổi thể tích và nhiệt lên sự nứt của kết cấu bê tông khối lớn)
 - [6] ACI 207.4R, *Report on Cooling and Insulating System for Mass Concrete* (Báo cáo về hệ thống làm lạnh và cách nhiệt cho kết cấu bê tông khối lớn)
 - [7] CSA A23.1-19, *Concrete materials and methods of concrete construction* (Vật liệu bê tông và các phương pháp thi công bê tông)
 - [8] JSCE Guidelines for Concrete N°16 Standard specifications for concrete structures – 2007 "Material and Construction" (Điều kiện kỹ thuật tiêu chuẩn cho kết cấu bê tông)
 - [9] SP 435.1325800.2018 *Конструкции бетонные и железобетонные монолитные. Правила производства и приемки работ* (Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép toàn khối. Nguyên tắc thi công và nghiệm thu)
-